



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA**

PROYECTO EDUCATIVO

**PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ**

200 COLOMBIA
AÑOS DE IDENTIDAD • 1810-2010 •

BOGOTÁ D. C., SEPTIEMBRE DE 2010

Carrera 30 45-03, Centro de Atención de Estudiantes, CADE, Primer Piso
Teléfonos: 57 (1) 3165672 Conmutador 57(1) 3165000 13369
Bogotá Colombia, Suramérica

ciencia y tecnología para el país

Rector General

Moisés Wasserman Lerner

Vicerrector de Sede Bogotá

Julio Esteban Colmenares Montañez

Director Programas Curriculares de Pregrado

Yoan Pinzón Ardila

Decano Facultad de Ingeniería

Diego Fernando Hernández Losada

Vicedecano Académico Facultad de Ingeniería

Gerardo Rodríguez Niño

Vicedecana de Investigación

Sonia Esperanza Monroy Varela

Director Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental

Paulo César Narváez Rincón

Director Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Jairo Ernesto Perilla Perilla

Coordinador Curricular Programa de Ingeniería Química

Carlos Arturo Martínez Riascos

Jefe Laboratorio de Ingeniería Química

Luis Alejandro Boyacá Mendivelso

COMITÉ ASESOR DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Paulo César Narváez Rincón – Director Área de Ingeniería Química y Ambiental

Carlos Arturo Martínez Riascos – Coordinador Programa de Ingeniería Química

Nelson Aníbal Pinzón Casallas – Profesor del Programa

Luis Francisco Boada Eslava – Profesor del Programa

Julián David Manrique Fajardo – Representante de los Estudiantes del Programa

Introducción

Este Proyecto Educativo del Programa (PEP), incorpora el nuevo plan de estudios del Programa de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, resultado del proceso de reforma de todos los programas de la Universidad, con el propósito de adaptarlos al Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario (CSU), en donde se definen los lineamientos básicos para el proceso de formación de los estudiantes a través de los programas curriculares que ofrece¹, así como los principios de formación, a saber: excelencia académica, formación integral, contextualización, internacionalización, formación investigativa, interdisciplinariedad, flexibilidad y gestión para el mejoramiento académico.

Corresponde a la actualización del PEP de 1994², reconoce e incorpora las nuevas realidades científicas y tecnológicas de la ingeniería química al plan de estudios, y es el fruto de la experiencia acumulada por una comunidad académica que hereda el trabajo realizado durante 64 años por profesores, estudiantes, egresados y personal de apoyo, técnico y administrativo, que ha contribuido a la formación de más de 4,000 ingenieros químicos que desarrollan su labor profesional en los distintos campos de aplicación en Colombia y en otros países.

Inicialmente, y con el propósito de mostrar la evolución del plan de estudios, se hace una reseña histórica. Luego se define la profesión de ingeniería química y se hace una breve descripción de su evolución a través de tres paradigmas: las operaciones unitarias, lo continuo o los fundamentos científicos y el diseño de producto. A continuación se desarrollan los lineamientos de formación de los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia y se presentan las habilidades y capacidades que, según varios actores sociales de reconocida importancia para la profesión, deben poseer los ingenieros químicos de hoy, lo que constituye, en conjunto con lo anterior, el fundamento conceptual para la definición del plan de estudios.

Con base en los fundamentos se definieron los objetivos del plan de estudios y los perfiles de ingreso y egreso, los cuales se presentan consecutivamente, para luego describir el plan de estudios del programa de Ingeniería Química, las metodologías de enseñanza, la forma en que se desarrolla cada una de las habilidades y competencias del perfil de egreso y, finalmente, los recursos con los que se desarrollará el PEP.

¹ CSU, Acuerdo 033 de 2007, consultado el 21 de abril en http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2007/A0033_07S.pdf

² Carrera de Ingeniería Química, Reforma Curricular, Bogotá, febrero de 1994

1. Reseña histórica³

Aunque los orígenes de la Ingeniería Química en el país, como programa definido, se remontan al año de 1937 en la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín y al año 1941 en la Universidad del Atlántico en Barranquilla, fue en la Universidad Nacional en donde se organizó, en 1936, un Departamento destinado específicamente al estudio de la Química como ciencia y se montó la estructura docente para su enseñanza coordinada en sus diferentes especialidades y aplicaciones, labores que hasta entonces realizaban independientemente las facultades que en sus programas contemplaban los cursos de química. De hecho, en unos pocos años este Departamento dio origen a las carreras de Química e Ingeniería Química y se transformó en facultad.

El Departamento de Química fue organizado mediante acuerdo No. 11 de Octubre 29 de 1936 emanado del Consejo Directivo de la Universidad Nacional (actual Consejo Superior Universitario). Entre los objetos encontramos el de “Mejorar la enseñanza de la Ciencia Química y reunir los elementos dispersos en las diferentes Facultades y Escuelas de la Universidad bajo una sola dirección”. El rápido éxito de este Departamento llevó a las Directivas de la Universidad a fortalecerlo y organizarlo con dependencia directa de la Rectoría, un Director Especial y un Consejo integrado por los decanos de Medicina e Ingeniería y por el Director de la Escuela de Farmacia. El 10 de Febrero de 1938 se designó como primer Director Especial al Profesor Antonio García Banús, catedrático español de la Universidad de Barcelona.

a) Creación de las carreras de Química e Ingeniería Química

La trayectoria universitaria y la experiencia en la Guerra Civil española del Profesor García Banús le permitieron, ante la inminente guerra europea, tener la clara visión de fabricar en Suramérica los productos que hasta el momento se importaban de Europa. Sabía que para atender ese reto era indispensable preparar profesionales idóneos en el campo de la Química, a nivel científico y de la producción industrial. Sus inquietudes son acogidas oportunamente por las directivas de la Universidad y apoyadas por el Gobierno Nacional.

Con el soporte administrativo del Departamento de Ciencias Químicas existente, el Consejo Directivo Universitario, mediante el Acuerdo No. 26 de Marzo 3 de 1939 y con el concepto favorable del Consejo Académico, estructura el plan de estudios conducente a los títulos de Doctor en Ciencias Químicas y Doctor Ingeniero Químico. El programa único establecía cuatro

³ La mayor parte de esta reseña histórica, hasta la reforma de 1973, fue tomada de Carrera de Ingeniería Química, Reforma Curricular, Bogotá, febrero de 1994.

años de estudios regulares con 23 asignaturas y un quinto año de especialización opcional. El Acuerdo permitía cursar los 4 años obligatorios y presentar un examen de “revalida” para recibir el diploma en Ciencias Químicas, con el cual podía iniciar su ejercicio profesional. Luego, el egresado podía tomar las siguientes alternativas: 1. Presentación y sustentación de un trabajo de tesis para obtener el título en Doctor en Ciencias Químicas. 2. Tomar unos cursos en Pedagogía y Metodología y realizar prácticas docentes en Física General y en Química, para habilitarse como Docente, cursos que tenían la asesoría de la Escuela Normal Superior, y 3. Tomar un curso complementario de 1 año de especialización industrial para recibir el diploma de Ingeniero Químico.

Por la existencia del Acuerdo 26 de 1939, que presenta un programa de estudios y reglamenta las condiciones para la formación de ingenieros químicos, puede considerarse a la Universidad Nacional de Colombia como la gestora de esta profesión en el país, aunque solo pudiera materializarse varios años más tarde. Los cursos se iniciaron en 1939 y en su primera etapa se desarrollaron como estaba previsto, lo que permitió que al finalizar el año 1942 egresaran los primeros ocho químicos diplomados. El mismo Acuerdo 26 indicaba que el programa de especialización industrial sólo podría realizarse cuando se contara con los equipos e instalaciones de tipo semi-industrial (llamados hoy Planta Piloto) y luego de que egresaran los respectivos químicos diplomados. Por lo anterior, fue necesario esperar hasta el año 1946 para iniciar el montaje de los primeros equipos en el nuevo edificio, ya en predios de la Ciudad Universitaria.

b) Facultad de Química e Ingeniería Química

El desarrollo e importancia del Departamento de Ciencias Químicas, sus servicios a las diferentes carreras y, en especial, el auge tomado por la carrera de Química motivó al Consejo Directivo de la Universidad a convertirlo en Facultad, mediante el Acuerdo 147 de 1940, con todas las obligaciones inherentes y manteniendo la prestación de los servicios que venía atendiendo el Departamento. De esta manera se daba respaldo y forma al criterio del profesor García Banús, consistente en que los estudios de Ciencias Químicas se consideraran, no simplemente como una ciencia auxiliar, sino como una carrera especial, fundamental para el desarrollo de Colombia a la cual debía dotarse con los elementos básicos para su desarrollo.

c) Estructura del Programa en Ingeniería Química

Con la estructura académica adecuada y los equipos semi-industriales (Laboratorio de Operaciones Unitarias Básicas), la Facultad podía dar cumplimiento a los propósitos originales

del Acuerdo 26 e iniciar los cursos complementarios para la formación de Ingenieros Químicos. Se procedió, entonces, a revisar el plan de estudios, proceso que llevó a la expedición del Acuerdo No. 193 de 1948 “Por el cual se reglamentan los estudios de Ingeniería Química en la Universidad”. Allí se establecía un plan de estudios de cinco años el cual, aunque mantenía la formación básica para el Químico, agregaba asignaturas propias de la Ingeniería Química en diferentes niveles: Mecánica (Estática, Dinámica y de Fluidos), Resistencia de Materiales, Electricidad y Economía. El quinto año, específico para los Ingenieros, correspondía a los cursos de Química Industrial Inorgánica, Electrotecnia y Laboratorio, Tratamiento de Aguas, Economía, Metalurgia e Ingeniería Química y Proyectos. Los Artículos 2o. y 3o. del Acuerdo reglamentaban los cursos opcionales y las condiciones para quienes habiendo terminado los cuatro años de estudios, según el plan anterior, desearan completar las materias de Ingeniería Química. El Artículo cuarto disponía las normas para los alumnos que preferían optar al título de Químico cursando solo los cuatro primeros años del programa.

d) Evaluación del plan de estudios de 1953

Con la llegada al país y la vinculación a la Universidad Nacional del Profesor Zbigniew M. Broniewski, Ingeniero Militar e Ingeniero Químico de la Universidad Politécnica de Varsovia, especializado en Upsala (Suecia), se fortalece la planta docente de la carrera y se intensifican las áreas de Termodinámica, Diseño y Plantas Piloto.

El programa común se modifica muy pronto para reducirlo a sólo dos años (1953) y dejar al alumno en libertad de escoger su especialidad: dos años más para Química o tres para Ingeniería Química. En 1956 el programa común se reduce al primer año. Aunque continúan con varias asignaturas comunes (Matemáticas, Física, Mineralogía, Electroquímica, etc.), estas se ubican en el plan de estudios respectivo, con lo cual se evita el inconveniente de cursar asignaturas propias de la otra carrera, algunas se programan con la intensidad adecuada (por ejemplo los cursos de análisis cualitativo y análisis cuantitativo pasan a ser semestrales en Ingeniería Química), y se deja espacio para incluir asignaturas fundamentales como Estequiometría, Termotecnia, Materiales y Corrosión. El Consejo Directivo de la Facultad de Química e Ingeniería Química realiza estas modificaciones por el sistema de “cambios menores”, paulatinamente, a lo largo de la década de los años 1950. Por otra parte, la reforma de la metodología en la enseñanza de las Matemáticas en 1959, reduce su número e intensidad y permite que se cursen más temprano, dando lugar a la reubicación de otras materias. Así, el curso de Termodinámica, que incluía Máquinas Térmicas y se dictaba en cuarto año con intensidad de seis horas semanales, se separa en dos cursos de tres horas cada uno, ubicados en tercero y cuarto años. Mecánica y Resistencia de Materiales pasan del cuarto al tercer año. La

depuración de asignaturas permitió, adicionalmente, incluir al final de la carrera cursos esenciales como Industrias Químicas, Organización Industrial y Control de Procesos.

Desde 1959 la carrera de Química se prolongó a cinco años. En el primer año, común con Ingeniería Química, se cursaban Química General, Física I, Inglés, Dibujo y Matemáticas (con la modernización comentada). Este último curso, común a todas las ingenierías y a las carreras de Geología y de Química era ofrecido por la Facultad de Matemáticas, creada en 1960.

La formación de los Ingenieros Químicos, por esta época, tenía una fuerte orientación hacia las Ciencias Químicas y el Análisis, como resultado lógico de su origen común con la carrera de Química. Sin embargo, poco a poco se fortalecieron las áreas de diseño, montaje y operación de plantas, y se incorporaron los aspectos económicos y la administración. Esta es la situación a la altura de 1965: el Ingeniero Químico así formado podía iniciar su ejercicio laboral en campos como la producción, los procesos industriales, los estudios económicos y el diseño, a la vez que manejaba con suficiencia el análisis, el control de calidad y el desarrollo químico.

Por su lado, a comienzos de 1960 la Facultad de Ingeniería había llevado a cabo, una profunda reforma en la metodología y los contenidos del programa de Ingeniería Civil, que pasó de un sistema anual de 6 años, a uno semestral de cinco. Además, se dio comienzo a las carreras de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Mecánica, con la misma modalidad semestral.

d) La integración de 1965

La integración propuesta y realizada por el Rector José Félix Patiño en 1965, produjo muchas transformaciones administrativas en la Universidad Nacional, que poco a poco dieron lugar a los ajustes académicos del caso. La Facultad de Química e Ingeniería Química se convirtió en el departamento de Química, integrado a la nueva Facultad de Ciencias, donde quedó incluida y opacada la carrera de Ingeniería Química. En consecuencia, a solicitud de profesores y estudiantes, poco tiempo después el Consejo Superior Universitario, mediante el Acuerdo 188 de agosto 19 de 1965, creó el Departamento de Ingeniería Química, adscrito a la Facultad de Ingeniería y trasladó la carrera a esta misma Facultad. Esta última quedó integrada, entonces, por los Departamentos de Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química, cada uno de los cuales manejaba su respectiva carrera.

Para hacer realidad la integración y el funcionamiento acorde con los otros departamentos, Ingeniería Química tuvo que modificar su plan de estudios, reestructurarlo a la modalidad de semestres y adoptar un primer semestre común con las demás ingenierías. Esta reforma, por ser

sustancial, fue evaluada por el Consejo Académico y formalmente aprobada por el CSU, mediante el Acuerdo 8 de enero de 1966. Aunque básicamente se limitó a dividir las asignaturas anuales para cursarlas en dos semestres y se reubicaron otras que ya eran semestrales, se introdujeron materias comunes como Castellano I y II, Geometría Descriptiva I y II, y Humanidades. Fue notorio el cambio en cuanto a la filosofía, orientación y objetivos de la carrera, como resultado de la influencia del campo práctico de la Ingeniería, a cambio del científico impulsado por los fundadores del Departamento de Ciencias Químicas. La Tesis de Grado fue reemplazada por un Proyecto de Grado dirigido, que el alumno debía realizar durante su último semestre de estudios.

La ejecución de la reforma de 1966 puso de presente una serie de inconvenientes, que no alcanzaron a detectarse durante su estudio, por la premura de tiempo, ocasionados fundamentalmente por la división de muchas materias en dos para cumplir con la semestralización. El programa incluía ochenta y seis asignaturas, entre teóricas y laboratorios, con intensidad semanal hasta de 35 horas. Muy pronto, el plan de estudios fue evaluado bajo el criterio de no considerar obligatorio que el ingeniero químico fuera experto en todas las habilidades de la ingeniería y de la química que se aplican en el campo industrial o técnico-administrativo. Las áreas complementarias tales como Mineralogía, Resistencia de Materiales, Mecánica, Elementos de Máquinas y las del campo de la Química Analítica (Cualitativa y Cuantitativa), por su importancia, deberían ser atendidas por profesionales de estas áreas (Ingenieros Civiles, Ingenieros Mecánicos, Químicos, etc.) con los cuales se tendría que trabajar en forma armónica. Así las cosas, los Ingenieros Químicos docentes podían concentrarse en los temas profesionales para mejorar el proceso formativo.

La evaluación del programa condujo a identificar la necesidad de reducir la carga académica, racionalizar el número de asignaturas y sus contenidos y permitir que el alumno dispusiera de más tiempo para la consulta en biblioteca, la elaboración de informes y la permanencia en los laboratorios, por lo cual se realizó una paulatina reestructuración a través de algunos cambios menores, justificados, lo que dio lugar a la siguiente reforma de carácter institucional.

e) La reforma de 1973

A raíz de la evaluación mencionada se presentó a consideración del Consejo Directivo de la Facultad un nuevo plan de estudios, que fue acogido y enviado para su estudio y aprobación al Consejo Académico y al Consejo Superior Universitario. El resultado fue el Acuerdo 166 de noviembre de 1973, en el que se aprueban los planes de estudio para las carreras que administra la Facultad de Ingeniería. El Plan de Estudios del programa de Ingeniería Química contemplaba

sesenta y cuatro asignaturas, incluidas las Electivas no Técnicas y las Electivas Técnicas, para cursarlas en 10 semestres, y la elaboración del Proyecto de Grado en el undécimo semestre. Además de las materias indicadas, se suprimió el curso de Inglés y las Humanidades se reemplazaron por electivas no técnicas, con el fin de dejar al estudiante en libertad de inscribirse en cursos no profesionales, que fueran de su interés. Algunas asignaturas complementarias de Ingeniería se siguieron ofreciendo como electivas técnicas. La intensidad de los semestres normales no pasaba de 27 horas semanales y el límite permitido era 30.

El plan de estudios de 1973 estuvo vigente, en lo fundamental hasta 1994. Fue permanentemente evaluado por el Comité Curricular y por el Consejo Directivo, para identificar aspectos que requerían actualización o reestructuración.

f) La reforma de 1994

El Acuerdo 14 de 1990 del Consejo Académico⁴ aprobó los criterios generales para la estructuración de los programas curriculares de la Universidad Nacional de Colombia. Se buscaba mayor integración entre docencia, investigación y extensión, flexibilizar los planes de estudio para promover la formación integral y pluralista de los estudiantes, incrementar la autonomía y el compromiso con la formación y ofrecer posibilidades de estudio en áreas de prioridad nacional y regional para dar respuesta a las necesidades del país. Se pretendía, también, establecer formas de organización apropiadas para el desarrollo de las actividades de investigación y extensión, en aquel entonces, abriéndose campo

Uno de los aspectos más importantes de esta reforma consistía en diseñar los programas con un componente nuclear y uno flexible, el último de los cuales debería incorporar líneas de profundización, cursos electivos y cursos de contexto. Se buscaba enfocar la carrera hacia las Ciencias de la Ingeniería, lo que implicaba fortalecer los conceptos y fundamentos de las ciencias básicas⁵.

Se diseñó un plan de estudios conformado por 58 actividades académicas programadas en 10 semestres, dividido en cuatro ciclos de formación: ciencia básica, fundamentos de ingeniería, ingeniería de procesos químicos y profundización. Las asignaturas se clasificaban en las áreas de matemáticas, física, química, informática, contexto socio-humanístico, gestión industrial, procesos químicos, operaciones de transferencia y termodinámica. Inicialmente, las líneas de

⁴ Acuerdo 014 de 1990 del Consejo Académico.

⁵ Carrera de Ingeniería Química, Reforma Curricular, Bogotá, febrero de 1994.

profundización fueron petroquímica, materiales, biotecnología y electroquímica y corrosión, que después se complementaron con ingeniería ambiental e ingeniería de alimentos. El plan de estudios fue aprobado en el Acuerdo 22 de noviembre 17 de 1993⁶.

En 2003 se introdujeron algunos cambios en el plan de estudios: se incorporaron las asignaturas Simulación de Procesos, Materiales Poliméricos y Bioprocesos a las líneas de profundización, para enriquecer las opciones que permitieran cumplir con la exigencia de cursar como mínimo tres asignaturas de una línea, y se establecieron algunos pre-requisitos⁷. Por último, el Acuerdo 001 de 2005 del CSU y la Resolución 114 del mismo año del Consejo de la Facultad de Ingeniería, modificaron y reglamentaron, respectivamente, la asignatura trabajo de grado definiendo los asuntos centrales:

- Número de créditos: 6
- Calificación: numérica e individual
- Modalidades: trabajos investigativos (trabajo monográfico, seminario de investigación, participación en proyectos de investigación y trabajo final), prácticas de extensión (participación en actividades docentes asistenciales y pasantías) y actividades especiales (cursos de posgrado)
- Evaluación: responsabilidad a cargo del docente

2. Ingeniería química

De acuerdo con la Ley 18 de 1976, que reglamenta el ejercicio de la profesión del ingeniero químico en Colombia, “la Ingeniería Química, es la aplicación de los conocimientos y medios de las Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas y de las Ingenierías, en el análisis, administración, dirección, supervisión y control de procesos en los cuales se efectúan cambios físicos, químicos y bioquímicos para transformar materias primas en productos elaborados o semielaborados, con excepción de los químicos-farmacéuticos, así como en el diseño, construcción, montaje de plantas y equipos para estos procesos, en toda entidad, Universidad, Laboratorio e Instituto de Investigación que necesite de éstos conocimientos y medios”⁸.

“En todo el mundo, y desde hace casi un siglo, la ingeniería química, junto con la ingenierías mecánica, eléctrica y civil forma el cuarteto de ingenierías tradicionales, con contenidos académicos y competencias

⁶ *Ibíd.*

⁷ Acuerdo 103 de 2003 del Consejo de Sede de la sede Bogotá.

⁸ Ley 18 de 1976 del Congreso de Colombia.

profesionales claramente definidas⁹. La Ingeniería Química es un área abierta, que con base en las ciencias básicas, Matemáticas, Física y Química, se encuentra en constante evolución, con fronteras lábiles y que interacciona, complementa, se solapa y es solapada por ingenierías tradicionales y por otras de mas reciente aparición”¹⁰.

Por otra parte, la Institución de Ingenieros Químicos (IChemE por su nombre en inglés) de la Gran Bretaña, establece que la Ingeniería Química es el diseño, desarrollo y manejo de un amplio y variado espectro de procesos industriales¹¹. La Universidad de Worcester, a su vez, expresa que la Ingeniería Química es una disciplina relacionada con los procesos que involucran la transformación de la materia y la energía en formas útiles a la humanidad, económicamente y sin comprometer el ambiente, la seguridad o los recursos finitos¹².

Towler y Sinnott (2008)¹³ al explicar por qué las industrias químicas contratan ingenieros químicos, describen de forma precisa la misión de la profesión:

“Partiendo de una definición vaga de un problema, como una necesidad de un cliente o un conjunto de resultados experimentales, los ingenieros químicos pueden desarrollar un entendimiento de los aspectos relevantes de las ciencias asociados al problema, y usar este entendimiento para generar un plan de acción y un conjunto de especificaciones detalladas que, de implementarse, conducirían a un resultado financiero predicho”.

Las responsabilidades a las que se enfrenta el ingeniero químico son muchas y variadas, pero todas ellas pueden enmarcarse en cualquiera de las tres que se listan a continuación¹⁴:

- Diseñar y operar procesos químicos que generen productos que sean útiles y que cumplan con las especificaciones de los clientes.
- Mantener condiciones seguras para el personal y los residentes de la vecindad de una instalación de producción.
- Proteger el medio ambiente y la salud humana, no solo en la producción, sino en todo el ciclo de vida del producto, que incluye transporte, uso, reciclaje y disposición.

⁹ Agencia Nacional de Evaluación y Acreditación, Libro Blanco, Título de Grado en Ingeniería Química, julio de 2005.

¹⁰ *Ibíd.*

¹¹ What is chemical engineering? Institute of Chemical Engineers (IChemE), 2006, <http://icheme.org>

¹² Worcester Polytechnic University (WPU), Definition of Chemical Engineering, 2004. <http://www.wpi.edu/Academies/Depts/CHE/About/definition.html>

¹³ Towler, G. & Sinnott, R., 2008. Chemical engineering design, Elsevier, USA,

¹⁴ Allen, D. T. & Shonnard D. R., 2002. Green Engineering: Environmentally Conscious Design of Chemical Processes, Prentice Hall, Upper Saddle River , N.J., USA.

En el desarrollo de la profesión se distinguen tres paradigmas, que según Kuhn en su libro *La estructura de las revoluciones científicas* son las formas específicas de ver la realidad científica¹⁵, que marcan la evolución de la misma¹⁶: a principios del siglo XX, en 1915, Arthur D. Little plantea el concepto de operaciones unitarias, aceptado y ampliado¹⁷ en 1922 por el Comité de Educación del American Institute of Chemical Engineers –AIChE, que se constituye en el primer paradigma, el cual, en la década de los años 1950, dio paso al paradigma de lo continuo o de los fundamentos científicos, respaldado por los programas de los cursos de Fenómenos de Transporte y fortalecido con la publicación, en 1960, del libro *Transport Phenomena*, de Bird, R., Stewart, W. y Lightfoot, E. En nuestros días se abre camino el paradigma del diseño y de la ingeniería del producto, en donde las variables macroscópicas se diseñan y controlan a través de la manipulación de las unidades fundamentales, es decir, las moléculas.

El diseño de productos químicos busca obtener el mayor valor agregado para un producto a través del mejoramiento de sus propiedades. Sin duda, este problema es más complejo que un tratamiento matemático para maximizar el beneficio, porque dependerá, de alguna forma, de un conjunto complejo de propiedades que podrían no estar identificadas. Como consecuencia, el diseño de producto y los problemas de ingeniería no se ajustan a las aproximaciones tradicionales de la ingeniería química y su solución requiere no solamente los saberes de la ingeniería química, ya que son aún más fundamentales. Es necesario un nuevo conjunto de conocimientos, siendo esta la razón por la cual, desde 1988, se reconoce la ingeniería y el diseño de productos como el tercer paradigma de la ingeniería química¹⁸.

De igual forma, la educación en ingeniería química ha cambiado radicalmente¹⁹: “Al finalizar el siglo XIX y hasta la década de 1950, era una mezcla de “manos a la obra” y presentaciones magistrales, además estaba estrechamente ligada a la práctica industrial; los docentes eran principalmente ingenieros experimentados y consultores. Posteriormente, se hizo énfasis en los fundamentos de las matemáticas y de las ciencias, y la mayoría de los laboratorios y de las experiencias de campo se eliminaron de los programas curriculares. En los años 90 las quejas de los industriales por la mala preparación de los ingenieros recién egresados encontraron eco en la academia, y hubo evidencia de que el modelo educativo que prevalecía era inefectivo para el aprendizaje y la adquisición de pensamiento crítico y competencias

¹⁵ Hill, M., 2009. Chemical product engineering – the third paradigm. *Computers and Chemical Engineering*, 33, pp. 947-953.

¹⁶ McCarthy, J. J., & Parker, R. S., 2005. Pillars of chemical engineering: a block scheduled curriculum. *Chemical Engineering Education*, 38(4), pp. 292-301.

¹⁷ Riveros, M., 2009. Una mirada a la evolución de la ingeniería química a través de sus paradigmas, Universidad Nacional de Colombia, Impreso Universitario.

¹⁸ Hill, M., 2009. Chemical product engineering – the third paradigm. *Computers and Chemical Engineering*, 33, pp. 947-953.

¹⁹ Felder, R., 2004. Changing times and paradigms. *Chemical Engineering Education*, 38(1), pp. 32-33.

para la solución de problemas. Esta problemática y los nuevos desarrollos en la educación generaron un movimiento en los Estados Unidos hacia un modelo educativo más activo, cooperativo y basado en proyectos, que, infortunadamente, aún no es el dominante”.

3. Lineamientos básicos para los formación de estudiantes de pregrado

Los lineamientos básicos para la formación de estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia se establecen en el Acuerdo 033 de 2007 del CSU. El objetivo principal es consecuencia del carácter público de la Universidad y, de acuerdo con él, la Universidad

propende por la formación de ciudadanos libres con valores democráticos, de tolerancia y de compromiso con los deberes civiles y los derechos humanos. La Universidad contribuirá a la Unidad Nacional, en su condición de centro de la vida intelectual y cultural abierto a todas las corrientes de pensamiento, mediante la libertad de cátedra, y a todos los sectores sociales, étnicos, regionales y locales; estudiará y enriquecerá el patrimonio cultural, natural y ambiental de la Nación y contribuirá a su conservación. Estudiará y analizará los problemas nacionales y propondrá, con independencia, formulaciones y soluciones pertinentes. Hará partícipe de los beneficios de su actividad académica e investigativa a los sectores sociales que conforman la nación colombiana. Prestará apoyo y asesoría al Estado en los órdenes científico y tecnológico, cultural y artístico, con su autonomía académica e investigativa.

Para alcanzar los fines identificados, los procesos de formación de los estudiantes, a través de sus programas curriculares, se rigen por los siguientes principios²⁰:

“Excelencia Académica. De acuerdo con los fines enunciados en el Decreto 1210 de 1993, la Universidad fomentará la excelencia académica, factor esencial para el desarrollo de sus miembros y del país, mediante la promoción de una cultura académica que estimule el conocimiento científico, la incorporación de nuevas corrientes de pensamiento y tecnologías, la consolidación de las disciplinas y profesiones, y la comunicación interdisciplinaria. Introducirá nuevas prácticas que estimulen el desarrollo de la capacidad de enseñanza y aprendizaje, de crítica e innovación, de trabajo en equipo, de actitudes solidarias, de responsabilidad individual y colectiva, para el bienestar de la comunidad.

Formación Integral: La Universidad Nacional de Colombia, como universidad pública, ha adquirido el compromiso de formar personas capaces de formular propuestas y liderar procesos académicos que contribuyan a la construcción de una nación democrática e incluyente en la que el conocimiento sea pilar fundamental de la convivencia y la equidad social. La formación

²⁰ *Ibíd.*

universitaria promoverá el respeto a los derechos individuales y colectivos, a las diferencias de creencia, de pensamiento, de género y cultura. La Universidad formará una comunidad académica con dominio de pensamiento sistémico que se expresa en lenguajes universales con una alta capacidad conceptual y experimental. Desarrollará en ella la sensibilidad estética y creativa, la responsabilidad ética, humanística, ambiental y social, y la capacidad de plantear, analizar y resolver problemas complejos, generando autonomía, análisis crítico, capacidad propositiva y creatividad. Los egresados de la Universidad Nacional de Colombia estarán preparados para trabajar en equipos disciplinarios e interdisciplinarios integrados en una vasta red de comunicación local e internacional, emplear de manera transversal las herramientas y conocimientos adquiridos en un área del saber, adecuándolos y aplicándolos legítimamente en otras áreas.

Contextualización: Este principio busca integrar los procesos de formación con los entornos cultural, social, ambiental, económico, político, histórico, técnico y científico. En todos los niveles de formación, la Universidad buscará contextualizar, mediante la articulación de los procesos de formación, investigación y extensión, la historia de la producción, la creación y la aplicación del conocimiento.

Internacionalización: Este principio promueve la incorporación y reconocimiento de los docentes, los estudiantes, la institución y sus programas académicos con los movimientos científicos, tecnológicos, artísticos y culturales que se producen en el ámbito nacional e internacional, al tiempo que valora los saberes locales como factores de nuestra diversidad cultural que deben aportar a la construcción del saber universal.

Formación Investigativa: La investigación es fundamento de la producción del conocimiento, desarrolla procesos de aprendizaje y fortalece la interacción de la Universidad con la sociedad y el entorno. La investigación debe contribuir a la formación del talento humano, la creación artística y el desarrollo tecnológico para la solución de los problemas locales, regionales e internacionales, solo de esta manera es posible disminuir la brecha en materia de producción científica, creación en las artes y formación posgraduada en nuestro país. La formación de investigadores es un proceso permanente y continuo que se inicia en el pregrado y se sigue en los diferentes niveles de posgrado.

Interdisciplinariedad: La sociedad demanda hoy en día que la Universidad desarrolle sus funciones misionales articulando diferentes perspectivas disciplinarias a partir de la comunicación de ideas, conceptos, metodologías, procedimientos experimentales, exploraciones de campo e inserción en los procesos sociales. La interdisciplinariedad es, al mismo tiempo, una vía de integración de la comunidad universitaria, dado que promueve el trabajo en equipo y las relaciones entre sus diversas dependencias y de éstas con otras instituciones.

Flexibilidad: La Universidad adopta el principio de flexibilidad para responder a la permanente condición de transformación académica según las necesidades, condiciones, dinámicas y exigencias del entorno y los valores que se cultivan en su interior. La flexibilidad, que abarca los aspectos académicos, pedagógicos y administrativos debe ser una condición de los procesos universitarios. Gracias a ella, la Universidad tiene la capacidad de acoger la diversidad cultural, social, étnica, económica, de creencias e intereses intelectuales de los miembros que integran la comunidad universitaria para satisfacer un principio de equidad.

Gestión para el Mejoramiento Académico: La Universidad fortalecerá una cultura institucional que facilite el mejoramiento de las actividades y los procesos académicos para la toma de decisiones que contribuyan a alcanzar la excelencia académica. Dicho mejoramiento deberá realizarse de manera sistemática, permanente, participativa, integral y multidireccional entre los distintos integrantes de la comunidad académica”.

La formación de pregrado tiene como objetivo “desarrollar conocimientos, aptitudes, prácticas, habilidades, destrezas, desempeños y competencias generales, propios de un área de conocimiento, y específicos de una disciplina o profesión, de manera que permitan a un graduando argumentar, sintetizar, proponer, crear e innovar en su desempeño y desarrollo académico, social y profesional”²¹.

Así mismo, los programas de pregrado deben estructurarse flexiblemente, teniendo en cuenta los componentes de fundamentación, formación disciplinar o profesional y libre elección; este último correspondiente por lo menos al 20% del total de créditos del Programa. El Acuerdo establece también que el carácter de la asignatura Trabajo de Grado es especial, por cuanto “permite al estudiante fortalecer, aplicar, emplear y desarrollar su capacidad investigativa, creatividad y disciplina de trabajo en el tratamiento de un problema específico, con base en los conocimientos y métodos adquiridos en el desarrollo del plan de estudios de su programa curricular. El objetivo de esta asignatura es fomentar la autonomía en la realización de trabajos científicos, científico-técnicos y de creación, propios de su disciplina o profesión”²².

Con base en las pautas anteriores, la experiencia acumulada y el conocimiento colectivo, los profesores del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental definieron los objetivos de la Carrera, el perfil del egresado y el plan de estudios que se describe más adelante, y que ha venido implementándose apenas desde el primer semestre de 2009, razón por la cual está en

²¹ *Ibíd.*

²² *Ibíd.*

proceso de consolidación. Este Programa modifica el aprobado en el Acuerdo 22 de 1993 del CSU, que, a su vez, modificó el establecido en el Acuerdo 166 de 1973²³.

4. Capacidades y competencias del ingeniero químico

Todd y colaboradores (1993, citados en Prados, 1999²⁴), publicaron los resultados de una encuesta hecha con industriales de los Estados Unidos, acerca de su percepción con respecto a los recién egresados, que incluye las siguientes debilidades:

- Arrogancia técnica
- Poco entendimiento de los procesos de manufactura
- Falta de creatividad y capacidad de diseño
- Falta de apreciación al momento de considerar alternativas
- Falta de apreciación para la variación
- Todos quieren ser analistas
- Pobre percepción de un proyecto global de Ingeniería
- Vista estrecha de las disciplinas relacionadas
- Poca habilidad de comunicación
- Poca experiencia en cuanto a trabajo en equipo
- Poca comprensión del concepto de calidad

Por otra parte, varios autores^{25,26,27} identifican como necesidades del ingeniero de hoy o potencialidades que deben fomentar las escuelas de ingeniería las siguientes:

- Habilidad para aplicar el conocimiento en ciencias, matemáticas e ingeniería
- Habilidad para identificar las necesidades de información y localizarla, y capacidad para entenderla
- Habilidad para diseñar y conducir experimentos

²³ Autoevaluación del Programa de Pregrado de Ingeniería Química, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, noviembre de 2005.

²⁴ Prados, J. W., 1999. Engineering education in the United States: past, present and future, *ICEE-98* Keynotes Address.

²⁵ Prados, J. W., 1999. Engineering education in the United States: past, present and future, *ICEE-98* Keynotes Address

²⁶ Cameron, I. T., Douglas, P. L. & Lee, P. L., 1994. Process systems engineering. The cornerstones of a modern chemical engineering curriculum. *Chemical Engineering Education*, 28(3), pp. 210-213.

²⁷ Bailie, R., Shaeiwitz, J. A. & Whiting, W. B., 1994. An integrated design sequence sophomore and junior years. *Chemical Engineering Education*, 28(1), pp. 52-57.

- Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso para cumplir con especificaciones
- Habilidad para integrar los diferentes aspectos de la ingeniería química
- Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares
- Entendimiento de la responsabilidad profesional y ética, y del impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto social y global
- Habilidad para comunicarse efectivamente
- Motivación y habilidad para afrontar el aprendizaje durante toda la vida
- Conocimiento de los aspectos contemporáneos
- Habilidad para usar las técnicas, competencias y herramientas necesarias para la práctica de la ingeniería química

De igual forma, la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación de España establece que el ingeniero químico debe estar en capacidad de²⁸:

- “Aplicar en la práctica los conocimientos de matemáticas, física, química e ingeniería.
- Diseñar y realizar experimentos o protocolos de operación.
- Diseñar componentes, productos, sistemas o procesos que cumplan con determinados requerimientos.
- Diseñar equipos e instalaciones de acuerdo con normas y especificaciones.
- Operar las instalaciones y equipos respetando códigos éticos.
- Trabajar en equipos multidisciplinares y multinacionales.
- Planificar, ordenar y supervisar el trabajo en equipo.
- Tomar decisiones y ejercer funciones de liderazgo.
- Identificar, sintetizar, formular y resolver problemas complejos.
- Seleccionar y acotar las variables fundamentales que rigen los procesos.
- Comunicarse con claridad, al menos en español e inglés, tanto en reuniones, como en presentaciones y documentación escrita.
- Utilizar las herramientas de la ingeniería moderna más adecuadas en cada caso.
- Aplicar en cada situación los requerimientos y responsabilidades éticas y el código deontológico de la profesión.
- Analizar el impacto de las propuestas técnicas que desarrolle o formule, dentro del más amplio contexto social.
- Reconocer los avances y evolución de la ciencia y de la ingeniería, favoreciendo la formación permanente de las personas de su entorno profesional”.

²⁸ Agencia Nacional de Evaluación y Acreditación, Libro Blanco, Título de Grado en Ingeniería Química, julio de 2005.

“Algunos de los componentes de ese perfil profesional básico son comunes y se comparten con otras ingenierías, por tanto es necesario hacer explícitas algunas características profesionales más específicas de la Ingeniería Química, y que referidas en términos de habilidades o capacidades, pueden simplificarse como habilidad o capacidad, para²⁹:

- Analizar sistemas utilizando balances de materia y energía, tanto en régimen estacionario como no estacionario.
- Analizar, modelar y calcular sistemas con reacción química.
- Evaluar y aplicar sistemas de separación para aplicaciones específicas.
- Diseñar y operar sistemas de manipulación y transporte de materiales en cualquiera de sus estados físicos.
- Dimensionar y operar sistemas de intercambio de energía.
- Promover el uso racional de la energía y de los recursos naturales.
- Simular procesos y operaciones industriales.
- Integrar diferentes operaciones y procesos, alcanzando mejoras globales.
- Comparar y seleccionar con objetividad las diferentes alternativas técnicas de un proceso.
- Ejercer tareas de certificación, auditoría y peritaje.
- Controlar y supervisar los procesos de fabricación para que las producciones se ajusten a los requerimientos de rentabilidad económica, calidad, seguridad/higiene, mantenimiento y medioambientales.
- Realizar evaluaciones económicas, en cualquiera de sus grados de precisión, de diseños conceptuales o de plantas reales.
- Establecer la viabilidad económica de un proyecto nuevo o de mejora de un proceso existente.
- Cuantificar el impacto social de los proyectos de ingeniería.
- Cuantificar las componentes ambientales de los proyectos de ingeniería, ofreciendo soluciones de minimización y tratamiento.
- Realizar estudios y cuantificación de la sostenibilidad de los proyectos de ingeniería.
- Administrar y dinamizar los recursos humanos para favorecer el clima laboral, calidad de desempeño, aprovechamiento de capacidades y desarrollo profesional.
- Modelar procesos dinámicos y proceder al diseño básico de los sistemas de automatización y control.
- Definir e implementar programas estructurados de diseño de experimentos y analizar la validez de los resultados.
- Especificar equipos e instalaciones aplicando los conocimientos de las ingenierías mecánica y de materiales.
- Evaluar e implementar criterios de seguridad aplicables a los procesos que diseñe, opere o tenga a su cargo.
- Ejercer el control y seguimiento del mantenimiento predictivo y correctivo de los procesos.

²⁹ *Ibíd.*

- Realizar estudios bibliográficos y sintetizar resultados, incluyendo búsqueda de patentes, fuentes alternativas y contactos profesionales.
- Identificar las tecnologías emergentes y evaluar su posible impacto sobre los procesos actuales.
- Realizar la definición y gestión de programas de Calidad, Seguridad y Medioambiente.
- Planificar investigación aplicada a resolver problemas concretos, incluyendo el desarrollo de prototipos.
- Aplicar herramientas de planificación y optimización.
- Realizar y coordinar proyectos de mejora e innovación tecnológica de procesos.
- Analizar los procesos reales y resolver problemas ligados a situaciones prácticas y a cuellos de botella en el proceso”.

Por otra parte, el Observatorio Laboral Colombiano para la Educación desarrolló el proyecto Diseño e Implementación del Proceso para Obtener Información sobre la Demanda de Graduados de la Educación Superior³⁰, en donde con base en encuestas estableció la percepción de los empleadores con respecto a las competencias importantes y logros de los contratados recién graduados. Los resultados permitieron identificar las siguientes competencias, en orden de valoración por parte de los empleadores, como las más importantes para un profesional universitario³¹:

- Formación en valores y principios
- Trabajar en equipo hacia una meta común
- Disposición para aprender y mantenerse actualizado
- Adaptarse a los cambios
- Comunicarse por escrito
- Comunicarse oralmente
- Identificar, plantear y resolver problemas
- Trabajar en forma independiente
- Utilizar herramientas informáticas básicas
- Asumir responsabilidades y tomar decisiones
- Manejar información procedente de áreas y fuentes diversas
- Planificar y utilizar el tiempo de manera efectiva
- Presentar y sustentar informes e ideas
- Trabajar bajo presión
- Ser creativo e innovador

³⁰ Observatorio Laboral Colombiano para la Educación, Diseño e Implementación del Proceso para Obtener Información sobre la Demanda de Graduados de la Educación Superior, febrero de 2008.

³¹ Encuesta realizada por Econometría S. A. para el Ministerio de Educación Nacional, 2008.

- Abstraer, analizar y sintetizar
- Habilidad para improvisar
- Formular y gestionar proyectos
- Utilizar herramientas informáticas especializadas
- Hablar y escribir un idioma extranjero

De acuerdo con la misma fuente, las mayores diferencias entre lo deseado por los empleadores y lo encontrado en los profesionales, se presentan, en orden, en las siguientes capacidades:

- Hablar y escribir un idioma extranjero
- Asumir responsabilidades y tomar decisiones
- Identificar, plantear y resolver problemas
- Ser creativo e innovador
- Presentar y sustentar informes e ideas
- Adaptarse a los cambios
- Disposición para aprender y mantenerse actualizado
- Trabajar bajo presión
- Trabajar en equipo hacia una meta común
- Planificar y utilizar el tiempo de manera efectiva
- Comunicarse por escrito
- Abstraer, analizar y sintetizar

Para validar esta información en el contexto específico de la ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, se diseñaron dos encuestas. La primera, aplicada en el primer semestre de 2008 a ingenieros en ejercicio, tenía como objetivo principal identificar las competencias profesionales con mayor reconocimiento e importancia. Algunos de los resultados de las 227 encuestas diligenciadas se presentan en la tabla 1.

La segunda encuesta, aplicada en agosto de 2010, consultó la opinión de algunos de los empleadores de ingenieros químicos del país, y tuvo como objetivo principal indagar sobre las competencias que buscan cuando realizan los procesos de vinculación laboral. La muestra, de 18 empleadores, incluye empresas productoras, comercializadoras y prestadoras de servicios, así como instituciones educativas. La tabla 2 presenta la calificación de cada una de las competencias por las que se preguntó.

Tabla 1. Competencias más valoradas en un ingeniero³²

Competencia	Calificación (escala 0-5)
Habilidad para analizar información	4.83
Habilidad para trabajar en forma efectiva como miembro de un equipo	4.82
Habilidades para comunicarse en forma efectiva	4.81
Capacidad de liderazgo	4.81
Habilidad para obtener información	4.76
Habilidad para resolver problemas	4.75
Posesión de una educación amplia y general	4.71
Conciencia de la necesidad de aprender durante toda la vida	4.70
Conocimiento de un idioma extranjero	4.69

Tabla 2. Valoración de las competencias de un ingeniero químico de acuerdo con la encuesta a empleadores³³

N°	Competencia	Calificación (escala 0-5)
1	Capacidad para aplicar conocimientos de matemáticas	3.82
2	Capacidad para aplicar conocimientos de física	3.47
3	Capacidad para aplicar conocimientos de química	4.29
4	Capacidad para aplicar conocimientos de ingeniería	4.59
5	Poseer una educación amplia y general	4.29
6	Apreciación de un enfoque interdisciplinario	4.53
7	Poseer capacidad de investigación	4.18
8	Habilidad para trabajar en forma efectiva como miembro de un equipo	4.71
9	Capacidad de liderazgo	4.71
10	Habilidad para obtener información	4.65
11	Habilidad para analizar información	4.82
12	Competencias tecnológicas e informáticas	4.41
13	Capacidad de pensamiento crítico	4.65
14	Capacidad de usar un enfoque sistemático para el diseño de procesos y de productos	4.29
15	Habilidades para comunicarse de forma efectiva	4.59
16	Conocimiento de un idioma extranjero	4.65
17	Comprensión de la diversidad cultural	3.47
18	Habilidad para identificar problemas	4.47
19	Habilidades gerenciales	4.12
20	Comprensión de principios fundamentales de análisis financiero	3.71
21	Conocimiento de técnicas para gestión de proyectos	4.06
22	Mentalidad orientada a los negocios/enfoque de negocios	3.76
23	Conocimiento de principios de mercadeo	3.47
24	Conocimiento de los principios de gestión de calidad	3.65
25	Comprensión de los principios de desarrollo sostenible	4.24
26	Comprensión de sus responsabilidades éticas y profesionales	4.82
27	Conciencia de la necesidad de aprender durante toda la vida	4.53
28	Habilidad para aprender por su cuenta	4.41

³² Díaz, H. y Rodríguez, G., Análisis de encuestas a egresados de ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, 17 de julio de 2008.

³³ Resultados de la encuesta aplicada a los empleadores entre el 10 y el 20 de agosto de 2010, a la que respondieron 18 de ellos.

La tabla 3 presenta los resultados de la encuesta a empleadores, cuando se indagó sobre las competencias del ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, de acuerdo con la importancia que tuvieron o tienen para la vinculación laboral. La figura 1 compara la valoración entre las competencias esperadas para un ingeniero químico (tabla 2) y las encontradas en el de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá (tabla 3) expresada como la relación entre las dos calificaciones asignadas.

La figura 1 muestra que la concordancia de la mayoría de las competencias observada y esperada está entre $\pm 20\%$, y que deben mejorarse, principalmente, las siguientes competencias:

- Capacidad de liderazgo
- Habilidades para comunicarse de forma efectiva
- Conocimiento de un idioma extranjero
- Habilidades gerenciales
- Comprensión de principios fundamentales de análisis financiero
- Conocimiento de técnicas para gestión de proyectos
- Mentalidad orientada a los negocios/enfoque de negocios
- Conocimiento de principios de mercadeo

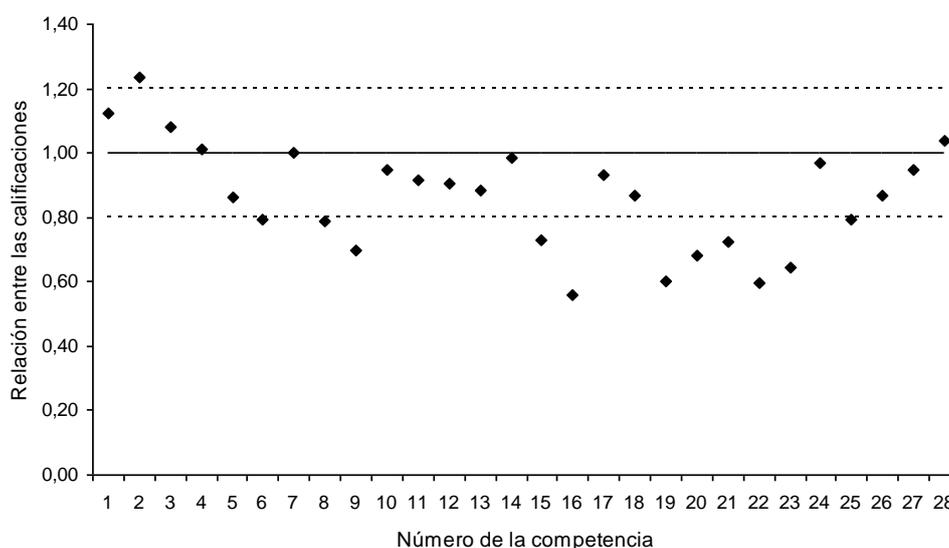


Figura 1. Relación entre la calificación de las competencias del ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y las esperadas en un ingeniero químico, de acuerdo con la encuesta a empleadores. La correspondencia entre el número y la competencia se encuentra en la tabla 2.

Tabla 3. Valoración de las competencias de un Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, de acuerdo con la Encuesta a Empleadores³⁴

Nº	Competencia	Calificación
1	Capacidad para aplicar conocimientos de matemáticas	4.29
2	Capacidad para aplicar conocimientos de física	4.29
3	Capacidad para aplicar conocimientos de química	4.65
4	Capacidad para aplicar conocimientos de ingeniería	4.65
5	Poseer una educación amplia y general	3.71
6	Apreciación de un enfoque interdisciplinario	3.59
7	Poseer capacidad de investigación	4.18
8	Habilidad para trabajar en forma efectiva como miembro de un equipo	3.71
9	Capacidad de liderazgo	3.29
10	Habilidad para obtener información	4.41
11	Habilidad para analizar información	4.41
12	Competencias tecnológicas e informáticas	4.00
13	Capacidad de pensamiento crítico	4.12
14	Capacidad de usar un enfoque sistemático para el diseño de procesos y de productos	4.24
15	Habilidades para comunicarse de forma efectiva	3.35
16	Conocimiento de un idioma extranjero	2.59
17	Comprensión de la diversidad cultural	3.24
18	Habilidad para identificar problemas	3.88
19	Habilidades gerenciales	2.47
20	Comprensión de principios fundamentales de análisis financiero	2.53
21	Conocimiento de técnicas para gestión de proyectos	2.94
22	Mentalidad orientada a los negocios/enfoque de negocios	2.24
23	Conocimiento de principios de mercadeo	2.24
24	Conocimiento de los principios de gestión de calidad	3.53
25	Comprensión de los principios de desarrollo sostenible	3.35
26	Comprensión de sus responsabilidades éticas y profesionales	4.18
27	Conciencia de la necesidad de aprender durante toda la vida	4.29
28	Habilidad para aprender por su cuenta	4.59

Las tablas 4 y 5 presentan los resultados de los Exámenes de Calidad de la Educación Superior, Ecaes, aplicados en 2005 y 2009. Estas tablas muestran el mismo comportamiento en lo referente a los resultados que las de los años 2006, 2007 y 2008, en donde, al igual que en 2005 y 2009, el Programa de Ingeniería Química de la sede Bogotá ha ocupado el primer puesto global en los diferentes componentes de la prueba, con excepción de inglés, en donde ha sido segunda después de la Universidad de los Andes.

³⁴ Resultados de la encuesta aplicada a los empleadores entre el 10 y el 20 de agosto de 2010, a la que respondieron 17 de ellos.

Tabla 4. Resultados de los Ecaes para el Programa de Ingeniería Química, 2005³⁵

Universidad	Componente					
	CL	DDAC	I	MFP	PDEIG	RPI
Nacional-Bogotá	10.7	10.3	10.9	10.4	10.3	10.5
Antioquia	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.9
Industrial de Santander	10.4	10.1	10.6	10.1	10.0	10.1
América	10.2	9.6	10.1	9.4	9.8	9.4
Nacional-Medellín	10.4	10.1	10.6	10.1	10.0	10.1
Valle	10.5	10.1	10.6	10.3	10.3	10.3
Nacional-Manizales	10.4	10.0	10.4	9.9	9.9	10.1
Andes	10.6	10.2	11.5	10.2	10.0	10.3
Atlántico	10.7	10.1	10.5	10.2	9.9	10.1
Pontificia Bolivariana	10.2	9.9	10.3	10.0	9.6	10.0
San Buenaventura	10.1	9.8	10.3	9.7	9.9	9.7

CL - Comprensión de Lectura, DDAC - Diseño, Dimensionamiento y Análisis de Condiciones, I - Inglés, MFP - Modelamiento de Fenómenos y Procesos, PDEIG - Planeación, Diseño, Evaluación del Impacto y Gestión, RPI - Resolución de Problemas de Ingeniería

Tabla 5. Resultados de los Ecaes para el Programa de Ingeniería Química, 2009³⁶

Universidad	Componente					
	CL	DDAC	I	MFP	PDEIG	RPI
Nacional-Bogotá	10.6	11.1	12.4	10.7	10.2	10.4
Antioquia	10.4	10.4	11.1	10.0	9.7	9.6
Industrial de Santander	10.4	9.9	11.1	9.8	9.6	9.5
América	10.3	9.6	10.9	9.2	9.4	9.1
Nacional-Medellín	10.6	10.2	11.8	10.1	9.8	10.0
Valle	10.5	10.9	11.5	10.4	9.9	10.0
Nacional-Manizales	10.4	10.5	11.3	10.0	10.0	9.7
Andes	10.4	10.1	12.7	10.2	9.9	10.2
Atlántico	10.3	9.8	11.7	9.9	9.5	9.6
Pontificia Bolivariana	10.4	9.9	11.5	9.7	9.5	9.2
San Buenaventura	10.3	9.8	11.4	9.3	9.4	9.1

CL - Comprensión de Lectura, DDAC - Diseño, Dimensionamiento y Análisis de Condiciones, I - Inglés, MFP - Modelamiento de Fenómenos y Procesos, PDEIG - Planeación, Diseño, Evaluación del Impacto y Gestión, RPI - Resolución de Problemas de Ingeniería

La figura 2 presenta el destino de los graduados del Programa de Ingeniería Química, de acuerdo con el área laboral. La mayoría de ellos se desempeña en dos áreas: producción, calidad y logística, e investigación diseño y análisis de proyectos. Cerca de 10% de los egresados se desempeña en el área de mercadeo y ventas técnica, y 5% en educación.

Finalmente la Resolución 2415 del Ministerio de Educación Nacional recomienda las siguientes acciones directamente relacionadas con el plan de estudios para el mejoramiento de la calidad del programa:

³⁵ Datos extraídos del reporte del Icfes, disponible en <http://icfes.gov.co>

³⁶ Datos extraídos del reporte del Icfes, disponible en <http://icfes.gov.co>

- Continuar fomentando la movilidad e interacción tanto de profesores como estudiantes con comunidades y redes académicas nacionales e internacionales.
- Acentuar espacios de reflexión y acción para mantener una permanente actualización del currículo, revisión de la intensidad de las electivas y la formación integral interdisciplinaria.

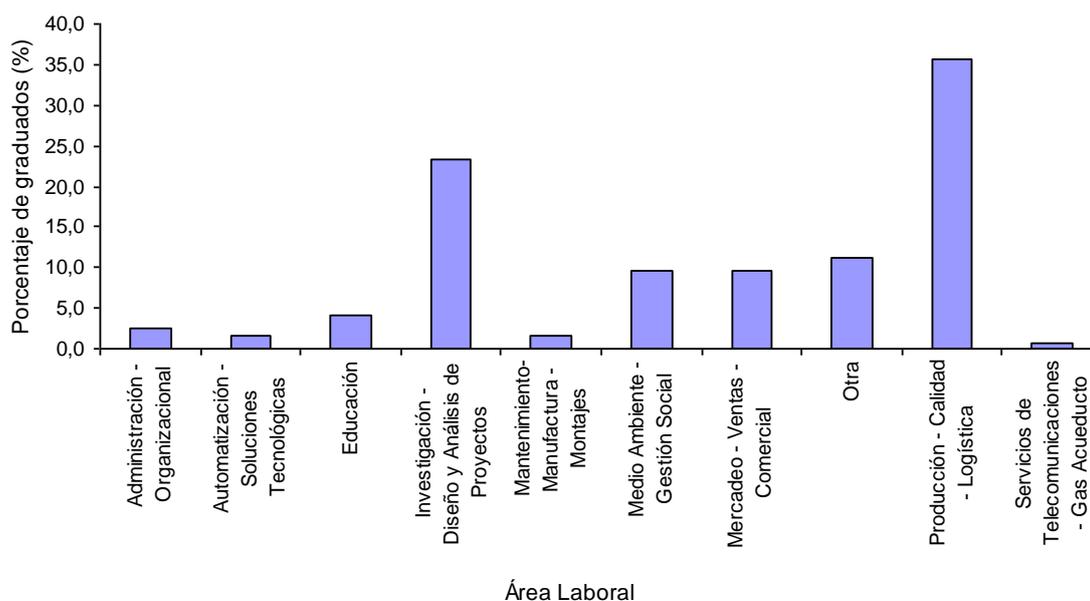


Figura 2 Destino de los graduados del Programa de Ingeniería Química, sede Bogotá³⁷

5. Objetivos del programa

De acuerdo con la información que se presentó en las secciones precedentes, se definen como objetivos del Programa de Ingeniería Química, los siguientes:

- Formar ingenieros químicos provistos de fundamentación científica y tecnológica sólida, con capacidad para diseñar productos y procesos de transformación física, química o biológica, así como para planificar, administrar con eficiencia, evaluar, mejorar y/o diseñar las plantas en las que estos se llevan a cabo, con base en un espíritu emprendedor, investigativo e innovador.

³⁷ Información generada a partir de la suministrada por el SIE en julio de 2010.

- Fomentar en los estudiantes de ingeniería química el trabajo en equipos disciplinarios e interdisciplinarios, integrados en redes locales, regionales, nacionales e internacionales.
- Promover en sus estudiantes y egresados la conciencia de estudio y capacitación constante, el liderazgo y el desarrollo de habilidades administrativas, así como la responsabilidad ética, humanística, ambiental y social, de manera que incidan eficazmente en la identificación, estudio y presentación de propuestas para la solución de problemas específicos, contribuyendo con el desarrollo del país y el bienestar de las comunidades.

Estos objetivos son coherentes con los fines y principios de la Universidad^{38,39}, a saber:

- Formar profesionales e investigadores sobre una base científica, ética y humanística, dotándolos de una conciencia crítica, que les permita actuar responsablemente frente a los requerimientos y tendencias del mundo contemporáneo y liderar creativamente procesos de cambio.
- Preparar profesionales capaces de trabajar en equipos disciplinarios e interdisciplinarios integrados en una vasta red de comunicación local e internacional.
- Formar personas capaces de formular propuestas y liderar procesos académicos que contribuyan a la construcción de una Nación democrática e incluyente en la que el conocimiento sea pilar fundamental de la convivencia y la equidad social.

Los campos de acción del Ingeniero Químico de la Universidad Nacional son⁴⁰:

- Industrial: planeación, supervisión, diseño, montaje, control y operación de plantas y equipos de proceso.
- Investigativo: desarrollo de productos y procesos. Formulación y evaluación de proyectos de investigación básica y aplicada. Estudio, gestión y adaptación de cambios tecnológicos para mejorar métodos de producción.

³⁸ Universidad Nacional de Colombia, Estatuto General, Acuerdo 011 de 2005.

³⁹ Universidad Nacional de Colombia, lineamientos básicos para el proceso de formación de los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia a través de sus programas curriculares, Acuerdo 033 de 2007.

⁴⁰ Los campos de acción del Ingeniero Químico en Colombia se definen en la Ley 18 de 1976, que reglamenta la profesión.

- **Administrativo:** dirección, gestión, administración y gerencia de empresas industriales y financieras. Preparación, evaluación técnica y económica de proyectos industriales en empresas o compañías que prestan servicios de ingeniería (firmas de ingeniería y consultoras).
- **Docencia:** desarrollo de actividades académicas, investigativas y de extensión universitaria relacionadas con las áreas de ingeniería química y profesiones afines.
- **Ventas técnicas**

6. Perfil de ingreso

El Programa de Ingeniería Química de la Universidad Nacional, sede Bogotá, está dirigido a bachilleres con interés en crear industrias y empresas del sector químico, o trabajar en ellas; afinidad por la matemática, la química, la física, la biología, la economía y la administración; y que quieran aplicar los conocimientos de estas áreas al desarrollo de productos, procesos y servicios que promuevan el crecimiento económico y social del país.

7. Perfil del egresado

Con base en los fines de formación de los estudiantes de pregrado de la Universidad Nacional de Colombia, la historia y el desarrollo del plan de estudios de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, las características de la ingeniería química actual y la del futuro cercano, las capacidades que los actores nacionales e internacionales relacionados con la profesión esperan encontrar en los ingenieros químicos y los campos de acción de los egresados del programa, el Proyecto Educativo Institucional apunta a formar profesionales con el siguiente perfil⁴¹:

El ingeniero químico de la Universidad Nacional, sede Bogotá, está en capacidad de innovar, investigar, trabajar en equipo, crear empresa, diseñar y mejorar productos y procesos de transformación física, química o biológica y dialogar permanentemente con la comunidad nacional e internacional especializada. Es un profesional con sólida formación científica y tecnológica, liderazgo, responsabilidad social y habilidades administrativas, que incide eficazmente en el desarrollo del país.

⁴¹ Consejo Académico, Acuerdo 041 de 2009.

8. Plan de estudios

El plan de estudios del Programa Curricular de Ingeniería Química, tiene un total de 180 créditos, distribuidos así:

- a) **Componente de Fundamentación:** sesenta y nueve (69) créditos exigidos, de los cuales el estudiante debe aprobar sesenta y tres (63) de asignaturas obligatorias y seis (6) de asignaturas optativas.

- b) **Componente de Formación Disciplinar o Profesional:** setenta y cinco (75) créditos exigidos, de los cuales el estudiante debe aprobar sesenta y seis (66) de asignaturas obligatorias y nueve (9) de asignaturas optativas.

- c) **Componente de Libre Elección:** Treinta y seis (36) créditos exigidos, que corresponden al 20% del total de créditos del plan de estudios.

Los créditos, agrupaciones y asignaturas de los componentes del plan de estudios se especifican en las tablas 6 a 16.

Componente de Fundamentación

Tabla 6. Agrupación: matemáticas, probabilidad y estadística

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
1000004	Cálculo diferencial	4	SI	Matemáticas básicas
1000005	Cálculo integral	4	SI	Cálculo diferencial
1000006	Cálculo en Varias variables	4	SI	Cálculo integral
				Álgebra lineal
1000007	Ecuaciones diferenciales	4	SI	Cálculo integral
				Álgebra lineal
1000013	Probabilidad y estadística fundamental	3	SI	Cálculo diferencial
1000003	Álgebra lineal	4	SI	Cálculo diferencial

Tabla 7. Agrupación: física

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
1000019	Fundamentos de mecánica	4	SI	Cálculo diferencial
1000017	Fundamentos de electricidad y magnetismo	4	SI	Cálculo integral
				Fundamentos de mecánica

Tabla 8. Agrupación: química y biología

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
1000025	Laboratorio técnicas básicas en química	3	SI	
1000024	Principios de química	3	SI	
1000026	Principios de análisis químico	3	SI	Principios de química
1000027	Laboratorio principios de análisis químico	3	SI	Principios de química
1000028	Principios de química inorgánica	3	SI	Principios de química
1000030	Principios de química orgánica	3	SI	Principios de química
1000010	Laboratorio principios de química orgánica	2	SI	Principios de química
1000025	Biología molecular y celular	3	SI	

Tabla 9. Agrupación: ciencias económicas y administrativas

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
2015703	Ingeniería económica	3	SI	Cálculo integral
2015702	Gerencia y gestión de proyectos	3	SI	Ingeniería económica
2015698	Administración de empresas	3	NO	Ingeniería económica
2016609	Seguridad industrial	3	NO	Fundamentos de electricidad y magnetismo
2016741	Finanzas	3	NO	
2016610	Sistemas de costos	4	NO	
2015699	Administración de mercados	3	NO	
2016592	Economía general	3	NO	
2015695	Diseño, gestión y evaluación de proyectos	3	NO	
2015705	Mercados I	4	NO	
2016056	Teoría de la decisión	4	NO	
2015700	Fundamentos de contabilidad financiera	3	NO	
2015704	Mercadeo internacional	3	NO	
2015694	Derecho laboral	3	NO	

Tabla 10. Agrupación: herramientas para ingeniería

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
2015734	Programación de computadores	3	NO	
2015709	Comunicación oral y escrita	3	NO	
2015711	Dibujo básico	3	NO	
2015970	Métodos numéricos	3	SI	Ecuaciones diferenciales

Componente de Formación Profesional

Tabla 11. Agrupación: termodinámica

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
2015741	Termodinámica	3	SI	Calculo diferencial
2015740	Termodinámica química	3	SI	Termodinámica Cálculo en varias variables
2015735	Taller 1	1	SI	Termodinámica Cálculo en varias variables
2015707	Balance de energía y equilibrio químico	3	SI	Termodinámica química
2015739	Termodinámica molecular	3	NO	Termodinámica química
	Termodinámica de ciclos	3	NO	Termodinámica
2020337	Termodinámica avanzada	4	NO	Balance de energía y equilibrio químico

Tabla 11. Agrupación: operaciones unitarias

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
2015708	Balance de materia	3	SI	
2015714	Fluidos	3	SI	Fundamentos de mecánica
2015726	Manejo de sólidos	3	SI	
2015743	Transferencia de calor	4	SI	Ecuaciones diferenciales Termodinámica
2015744	Transferencia de masa	3	SI	Ecuaciones diferenciales
2015736	Taller 2	1	SI	Ecuaciones diferenciales
2015731	Operaciones de separación	3	SI	Transferencia de masa

Tabla 12. Agrupación: procesos químicos y bioquímicos

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
2015716	Ingeniería de reacciones químicas	3	SI	Balance de energía y equilibrio químico
2015713	Diseño de procesos químicos y bioquímicos	3	SI	Balance de energía y equilibrio
2015710	Control de procesos	3	SI	Métodos numéricos
2015712	Diseño de plantas y equipos	3	SI	Operaciones de separación
2015715	Ingeniería de procesos	3	SI	Diseño de procesos químicos y bioquímicos
2015729	Modelamiento y simulación de procesos químicos	3	NO	Transferencia de masa Ingeniería de reacciones químicas
2015728	Modelamiento y simulación de procesos bioquímicos	3	NO	Transferencia de masa Ingeniería de reacciones químicas

Tabla 13. Agrupación: investigación e innovación

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
2015721	Laboratorio de propiedades termodinámicas y de transporte	3	SI	Balance de energía y equilibrio químico
2015719	Laboratorio de fluidos, sólidos y transferencia de calor	3	SI	Fluidos Manejo de sólidos Transferencia de calor
2015720	Laboratorio de operaciones de separación, reacción y control	3	SI	Operaciones de separación
2015737	Taller de proyectos interdisciplinarios	3	SI	70% del total de créditos exigidos en el componente disciplinar o profesional (53 créditos)
2015289	Trabajo de grado	6	SI	80% del total de créditos exigidos en el componente disciplinar o profesional (60 créditos)

Tabla 14. Agrupación: materiales

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
2015717	Introducción a la ingeniería de materiales	3	NO	Termodinámica química
2020326	Nuevos tópicos en ingeniería química	3	NO	
1000040	Introducción a la ciencia de materiales	3	NO	
2015727	Materiales	3	NO	Termodinámica química
	Introducción a la ingeniería de materiales poliméricos	3	NO	

Tabla 15. Agrupación: contexto profesional

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
2015718	Introducción a la Ingeniería Química	3	SI	

Componente de Libre elección

Tabla 16. Agrupación: profundización

Código	Nombre de la asignatura	Créditos	Obligatoria	Pre-requisito(s)
2016762	Práctica estudiantil I	3	NO	70% del total de créditos exigidos en el plan de estudios del programa curricular
2016763	Práctica estudiantil II	6	NO	
2016764	Práctica estudiantil III	9	NO	
	Introducción a la ingeniería bioquímica	3	NO	
	Operaciones de control y purificación de bioprocesos	3	NO	
	Microbiología y bioquímica de bioprocesos	3	NO	
	Petroquímica y refinación	3	NO	
2023122	Ingeniería de petróleo y gas	4	NO	
	Procesos catalíticos orgánicos	3	NO	
2023549	Principios de catálisis heterogénea	4	NO	
2020329	Procesos de polimerización	4	NO	
	Transformación de polímeros	3	NO	

En el Anexo 1 se presenta una propuesta de organización por semestres del plan de estudios.

La oferta de asignaturas optativas será revisada anualmente y podrá ser modificada por el Consejo de Facultad, previa solicitud del Comité Asesor del Programa, teniendo en cuenta en dichas modificaciones el mejoramiento en el nivel de flexibilidad del plan de estudios y la articulación con otros planes de estudio de la Universidad.

Las modificaciones a que hace referencia este documento serán formalizadas mediante Resolución del Consejo de Facultad, previa solicitud del Comité Asesor del Programa Curricular, con el acompañamiento de la Dirección Nacional de Programas de Pregrado y la revisión de la Vicerrectoría Académica.

El inglés será la lengua extranjera que se considera fundamental para la formación profesional de los estudiantes del programa curricular de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá. La acreditación de los 12 créditos del idioma inglés, cursados y aprobados en la Universidad Nacional o validados por suficiencia, es requisito de Grado.

Las modalidades de Trabajo de Grado para los estudiantes del Programa Curricular de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá serán: **Trabajo Investigativo, Práctica de Extensión y Asignaturas de Postgrado**. Para inscribir Trabajo de Grado el estudiante debe haber aprobado 60 créditos del componente de formación profesional (80% del total de los créditos exigidos de este componente)

Los estudiantes podrán realizar una práctica estudiantil, para lo cual consumirán créditos de libre elección. Los créditos de la práctica estarán en el intervalo de tres a nueve, dependiendo de la dedicación del estudiante, y serán aprobados por el Comité Asesor del Programa, a solicitud del estudiante.

La suma de las actividades presenciales y autónomas del estudiante corresponde a la actividad académica total. Cada 48 horas de actividad académica semestral equivalen a un crédito; cada semestre académico se desarrolla en 16 semanas. En las tablas 17 y 18 se presentan la distribución de los créditos obligatorios y optativos, por agrupación temática, para cada componente del plan de estudios.

Tabla 17. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de Ingeniería Química.
Componente fundamentación⁴²

Agrupación	Créditos obligatorios	Créditos optativos	Total créditos exigidos
Matemáticas, probabilidad y estadística	23	0	23
Química y biología	23	0	23
Física	8	0	8
Ciencias económicas y administrativas	6	3	9
Herramientas de la ingeniería	3	3	6
Total	63	6	69

Tabla 18. Distribución de las asignaturas del plan de estudios de Ingeniería Química.
Componente disciplinar⁴³

Agrupación	Créditos obligatorios	Créditos optativos	Total créditos exigidos
Termodinámica	10	3	13
Operaciones Unitarias	20	0	20
Procesos Químicos y Bioquímicos	15	3	18
Investigación e Innovación	18	0	18
Materiales	0	3	3
Contexto Profesional	3	0	3
Total	66	9	75

La tabla 19 muestra las agrupaciones de cada área del conocimiento y los porcentajes, con respecto al número de créditos totales.

⁴² *Ibíd.*

⁴³ *Ibíd.*

Tabla 19. Clasificación de agrupaciones de acuerdo con las áreas del conocimiento⁴⁴

Área del Conocimiento	Agrupaciones	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
Ciencias básicas y matemáticas	Química y biología	12.8	30.0
	Matemáticas, probabilidad y estadística	12.8	
	Física	4.4	
Ciencias de la ingeniería	Ciencias básicas de la ingeniería	6.7	6.7
Ingeniería aplicada	Termodinámica	7.2	38.3
	Operaciones unitarias	11.1	
	Procesos químicos y bioquímicos	10.0	
	Investigación e innovación	10.0	
Contenidos complementarios	Área socio-humanística y temas complementarios	6.3	11.3
	Economía y administración	5.0	
Libre elección (sin incluir las áreas socio-humanística y temas complementarios)			13.7

En el Anexo I se presenta el plan de estudios detallado del Programa de Ingeniería Química. La tabla 20 muestra que, a lo largo del plan de estudios, los alumnos deben dedicar entre 48 y 60 horas semanales a su actividad académica total, con promedio de 54 horas, lo que puede interpretarse como una labor diaria de 9 horas, durante 6 días a la semana.

Las asignaturas del componente de libre elección pueden inscribirse en cualquier periodo académico.

Tabla 20. Distribución de créditos en el plan de estudios del Programa Curricular de Ingeniería Química, por semestre⁴⁵

Semestre	Créditos del componente de fundamentación	Créditos del componente disciplinar	Créditos de libre elección	Total de créditos semestrales	Horas de actividad académica total semanal
1	13	3	0	16	48
2	15	3	0	18	54
3	14	3	3	20	60
4	10	7	0	17	51
5	6	10	3	19	57
6	8	10	0	18	54
7	3	12	3	18	54
8	0	12	7	19	57
9	0	9	9	18	54
10	0	6	11	17	51

⁴⁴ Ibíd.

⁴⁵ Ibíd.

A continuación se hace una breve descripción de los objetivos de formación de las agrupaciones del plan de estudios:

a) Agrupación contexto profesional

La asignatura Introducción a la Ingeniería Química, única de la agrupación contexto profesional, está concebida como un curso en el que durante el primer semestre los estudiantes se ponen en contacto con múltiples temas asociados con la Educación Superior, la Universidad Nacional, la Facultad de Ingeniería, el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, la Carrera de Ingeniería Química, la Profesión y el Profesional de Ingeniería Química, entre otros.

b) Agrupaciones matemáticas, probabilidad y estadística, física, química y biología

Las asignaturas de estas agrupaciones tienen como objetivo brindar sólida formación en ciencias básicas, necesaria para abordar el estudio de las asignaturas de los componentes formación profesional y libre elección. Los estudiantes deben cursar siete asignaturas de Química, que incluyen tres laboratorios. La formación en Matemáticas es fuerte y contempla cuatro (4) cursos de Cálculo y uno (1) de Álgebra Lineal, así como uno (1) de Probabilidad y Estadística. Así mismo, los estudiantes deben tomar un curso de Biología.

c) Agrupación herramientas para ingeniería

Las asignaturas de esta agrupación brindan al estudiante algunas de las herramientas que requiere para su práctica profesional, incluyendo habilidades de comunicación, programación de computadores, dibujo y métodos numéricos.

d) Agrupación ciencias económicas y economía

Las asignaturas de esta agrupación tienen como objetivo desarrollar habilidades para la administración y evaluación económica de proyectos y procesos, así como de empresas en las que puede desempeñarse un ingeniero químico.

e) Agrupación termodinámica

Las asignaturas de esta agrupación tratan las leyes de la termodinámica, los métodos de predicción de propiedades y los fundamentos de los equilibrios de fases y químico, esenciales para el diseño de procesos, equipos y plantas.

f) Agrupación operaciones unitarias

Las asignaturas de esta agrupación estudian los fenómenos de transferencia de *momentum*, calor y masa, con un apropiado balance entre el enfoque fenomenológico y el de operación unitaria, con énfasis en el desarrollo de habilidades para el diseño de equipos de uso frecuente en plantas de proceso.

g) Agrupación procesos químicos y bioquímicos

Las asignaturas de la agrupación procesos químicos y bioquímicos se concibieron para integrar los conocimientos de ciencias básicas y de ingeniería, a través del diseño de procesos, diseño de plantas y equipos y la ingeniería de procesos. El diseño de esta agrupación se hizo bajo el enfoque de ingeniería de los sistemas de procesos y teniendo en cuenta el ciclo de vida de una planta de proceso.

h) Agrupación materiales

En esta agrupación se encuentran asignaturas que abordan temas relacionados con el nuevo paradigma de la ingeniería química, el diseño de producto, a través de la caracterización, el diseño y la predicción del desempeño de materiales poliméricos, biológicos, catalíticos y a escala nano, entre otros.

i) Agrupación profundización

Esta agrupación incluye asignaturas de las líneas de profundización del plan de 1994, asignaturas de los posgrados del Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental, y cualquiera otra que pueda clasificarse dentro del componente de libre elección que define el Acuerdo 033 de 2007. A la luz de la flexibilidad de los planes de estudio de la Universidad Nacional de Colombia, esta agrupación está concebida para que el estudiante desarrolle y profundice los conocimientos, particularmente en las líneas de investigación de los programas de posgrado del área curricular, los cuales coinciden con los intereses, experiencia, formación académica y desarrollos de la comunidad académica asociada al Programa. Estas líneas son:

- Procesos catalíticos y petroquímicos
- Procesos de polimerización y materiales
- Bioprocesos
- Biorrefinerías - Biocombustibles
- Saneamiento básico
- Residuos sólidos y peligrosos
- Calidad del aire
- Procesos sostenibles

A estas líneas se suma Ingeniería de Alimentos, aunque no forma parte del Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental. La razón es que ha sido tema de numerosos proyectos de investigación y extensión, los cuales se desarrollan a través de los programas de Especialización y Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, normalmente con el apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos –ICTA.

j) Agrupación investigación e innovación

En esta agrupación se encuentran los laboratorios del componente disciplinar, el Taller de proyectos interdisciplinarios y el Trabajo de grado. El objetivo es que el estudiante realice, como integrante de un equipo en los primeros y de manera individual en el último, un trabajo de indagación y análisis crítico sobre propiedades, operaciones, procesos o productos, en los que integre diferentes componentes del plan de estudios. El alcance, grado de responsabilidad y complejidad de estos trabajos o proyectos dependen de la ubicación de la asignatura en el Plan de Estudios, y por ello las de mayor compromiso y desarrollo son el Taller de proyectos interdisciplinarios y el Trabajo de Grado.

9. Metodologías de enseñanza y estrategias

Teniendo en cuenta la diversidad de asignaturas y contenidos y, sobre todo, el principio de libertad de cátedra, a continuación se hace una breve descripción de las metodologías de enseñanza y de las estrategias y sistemas de apoyo del Programa de Ingeniería Química de la sede Bogotá, clasificando las asignaturas que hacen parte del plan de estudios de acuerdo con su modalidad.

a) Asignaturas teóricas y teórico-prácticas

De acuerdo con las características de estas asignaturas, la metodología preponderante en las de naturaleza teórica y teórico-práctica es la exposición magistral por parte del profesor. Sin

embargo, con el propósito de fortalecer conceptos y desarrollar el contenido temático propuesto, con frecuencia utilizan medios complementarios como ejercicios y trabajos en el aula, control de lecturas, exposiciones de trabajos en equipo, realización de seminarios, elaboración de herramientas computacionales, uso de elementos de la plataforma virtual (Blackboard) y visitas a empresas, entre otros. Estas actividades implican un aporte directo de los estudiantes en su proceso de formación e incorporan elementos, como la comunicación, la consulta bibliográfica, la práctica de un segundo idioma, la exploración de métodos y herramientas de cálculo y, a menudo, el trabajo en equipo.

Algunas de ellas, en especial las asignaturas de la agrupación diseño de procesos químicos y bioquímicos, se ofrecen en esquema modular, con base en el cual dos o tres profesores desarrollan los contenidos de las asignaturas en componentes definidos, de acuerdo con sus fortalezas en investigación y desarrollo tecnológico y su experiencia profesional y docente. En algunas de estas asignaturas, la metodología se fundamenta en el desarrollo de proyectos, en los que el estudiante aplica sus conocimientos.

Durante el proceso de reforma del plan de estudios, los profesores del Departamento de Química, de la Facultad de Ciencias, señalaron la dificultad para desarrollar asignaturas teórico-prácticas, debido, principalmente, al contraste entre el elevado número de estudiantes de los cursos y la baja capacidad de los laboratorios, situación que trajo como consecuencia la reducción significativa de este tipo de asignaturas. En el plan de estudios estas asignaturas se limitan a dos, ofrecidas por el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias, Fundamentos de Mecánica y Fundamentos de Electricidad y Magnetismo, las cuales se desarrollan en tres sesiones semanales de 2 horas: una corresponde a práctica de laboratorio, otra a clase magistral y la sesión final a un taller de ejercicios. Las clases magistrales se apoyan con experimentos demostrativos en el aula. El Departamento de Física cuenta con recursos suficientes para efectuar las actividades de laboratorio comprometidas.

b) Asignaturas Prácticas

Desde el punto de vista metodológico, las asignaturas de naturaleza práctica del Plan de Estudios se dividen entre las que hacen parte de la agrupación de Química y Biología, en donde se ubican los Laboratorios de Técnicas Básicas en Química, Principios de Análisis Químico y Principios de Química Orgánica, y las que pertenecen al componente disciplinar, donde están los Laboratorios de Propiedades Termodinámicas y de Transporte; Fluidos, Sólidos y Transferencia de Calor, y Separaciones, Reacción y Control.

Los laboratorios de la agrupación Química y Biología se desarrollan en cursos de 24 o 32 estudiantes, que conforman equipos de trabajo de dos personas. Antes de cada práctica, los estudiantes deben revisar y fortalecer los conceptos que les permitan comprender y realizar con éxito cada uno de los experimentos, bajo la supervisión del profesor. Después de finalizada, elaboran el informe correspondiente, en el que desarrollan habilidades de presentación y análisis de resultados, elaboración de tablas y figuras, y formulación y redacción de conclusiones. Algunas de las prácticas se hacen a través de proyectos de investigación de alcance limitado y, adicionalmente, los profesores proponen actividades de reforzamiento y repaso (talleres, tareas y lecturas complementarias).

Los laboratorios del Componente Disciplinar, ubicados en la agrupación Investigación e Innovación, son asignaturas cuya metodología busca desarrollar habilidades de trabajo en equipo, fortalecer capacidades comunicativas e integrar aspectos económicos, ambientales y de seguridad industrial. Los cursos, de hasta 12 estudiantes, se dividen en equipos de trabajo de tres o cuatro estudiantes. Las prácticas se realizan bajo la dirección del profesor y, aunque en su mayoría usan los recursos que ofrece el Laboratorio de Ingeniería Química (LIQ), también se llevan a cabo en laboratorios de diversos Departamentos e Institutos de la Universidad, como el Laboratorio de Hidráulica, los Laboratorios de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y la planta y los laboratorios del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), entre otros.

Durante el semestre, se realizan dos sesiones de trabajo dirigido para la elaboración de informes, en las cuales el profesor hace una evaluación de la forma en que labora el equipo y propone correctivos, de considerarlo necesario.

c) Talleres

El plan de estudios incluye tres talleres que tienen como objeto integrar los conocimientos y conceptos desarrollados en diferentes etapas del proceso formativo. Estos son Taller 1, Taller 2 y el Taller de Proyectos Interdisciplinarios, ubicados de manera estratégica en los semestres IV, VI y IX, respectivamente.

Los Talleres se conciben como asignaturas que promueven la integración de conocimientos correspondientes a periodos específicos del plan de estudios. Aunque cada Taller tiene una metodología particular, todos tienen en común, como componente principal, el desarrollo de proyectos a lo largo del semestre, a través de los cuales, además de la integración de conocimientos señalada, se promueven habilidades como trabajo en equipo, búsqueda de

información con herramientas modernas, síntesis y redacción de textos, comunicación oral y contextualización de la Ingeniería Química en los ámbitos nacional y mundial.

En el Taller 1 se integran conocimientos alrededor del tema de la energía, y se aprovecha para iniciar la aproximación al conocimiento del país, a través de sus recursos energéticos convencionales y alternativos.

En el Taller 2 se busca que el estudiante profundice en el conocimiento de los recursos naturales del país, sus necesidades y oportunidades de desarrollo, y que seleccione una materia prima para plantear la obtención de un producto que la valore, enfatizando en la componente experimental y en la innovación.

El Taller de Proyectos Interdisciplinarios se realiza en equipos conformados por estudiantes de algunos de los siete programas de la Facultad que participan, y busca encontrar soluciones innovadoras a problemas de diferente índole.

d) Práctica estudiantil

Como parte del componente flexible del plan de estudios existe la posibilidad de realizar una Práctica Estudiantil. Esta actividad se concibe como una oportunidad para que el estudiante tenga una experiencia laboral dentro de su proceso de formación, y también como una posibilidad para crear vínculos entre la Universidad y las empresas, que puedan traducirse en pasantías o proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico. Durante la práctica el estudiante cuenta con la dirección de un profesor del Programa, además de lo cual está bajo la tutoría de un funcionario de nivel apropiado, designado por la empresa.

e) Trabajo de grado

Todos los estudiantes deben realizar un Trabajo de Grado, en alguna de las modalidades definidas, con el objetivo establecido en el Acuerdo 033 de 2007⁴⁶ del CSU:

Es una asignatura de carácter especial por medio de la cual el estudiante fortalece, aplica, emplea y desarrolla su capacidad investigativa, su creatividad y disciplina de trabajo en el tratamiento de un problema específico, mediante la aplicación de los conocimientos y métodos adquiridos en el desarrollo del plan de estudios de su programa curricular. Tiene como objetivo fomentar la autonomía en la realización de trabajos científicos, científico-técnicos y de creación propios de

⁴⁶ CSU, Acuerdo 033 de 2007, consultado el 21 de abril en http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2007/A0033_07S.pdf

su disciplina o profesión. Para la planeación del trabajo de grado, los programas de pregrado podrán incluir en el plan de estudios asignaturas tales como seminarios de investigación o prácticas académicas, prácticas de investigación y creación.

Las modalidades de trabajo de grado para la Facultad de Ingeniería se definen en el mismo acuerdo y son:

- Trabajos investigativos: trabajo monográfico, participación en proyectos de investigación y proyecto final.
- Prácticas de extensión: participación en programas docente-asistenciales, internados médicos, pasantías, emprendimiento empresarial y proyecto social
- Actividades especiales: exámenes preparatorios.
- Opción de grado: asignaturas de posgrado.

Para el plan de estudios de Ingeniería Química se establecen las siguientes:

- Trabajos investigativos: participación en proyectos de investigación y proyecto final.
- Prácticas de extensión: participación en programas docente-asistenciales, pasantías y emprendimiento empresarial.
- Opción de grado: asignaturas de posgrado.

Todas estas modalidades implican la supervisión de un profesor, y tienen diferentes objetivos:

A través de los trabajos investigativos, el estudiante se vincula con los grupos de investigación de la Universidad y empieza su formación como investigador, la cual continuará en los niveles de formación de posgrado. Las actividades producto de esta modalidad deben quedar consignadas en un documento estructurado.

Las Prácticas de Extensión permiten que los estudiantes y la Universidad se vinculen con el sector productivo, a través del desarrollo de un proyecto específico. Las actividades producto de esta modalidad deben quedar consignadas en un documento estructurado.

Los estudiantes que cursen asignaturas de los posgrados inician su proceso de formación a este nivel y de esta forma se facilita el tránsito de los estudiantes de pregrado, especialmente, hacia las Maestrías.

f) Contenidos complementarios

Los contenidos complementarios incluyen asignaturas del área socio-humanística, que hacen parte del componente de libre elección, por lo que pueden ser cualquiera de las muchas que

ofrece la Universidad, incluyendo las Cátedras Institucionales “Manuel Ancizar”, “José Celestino Mutis”, “Jorge Eliécer Gaitán” y “Marta Traba”. En esta Área también están las asignaturas de la agrupación Economía y Administración de Empresas.

g) Visitas técnicas

Las Visitas técnicas a empresas del sector químico y afines de diferentes regiones del país son una política del Programa, que busca que la mayoría de los estudiantes tenga esta experiencia por lo menos una vez. Vienen realizándose desde finales de la década de los años mil novecientos ochenta y semestralmente se programa visitar tres de las siguientes regiones industriales del país:

- Barranquilla y Cartagena
- Medellín y el Valle de Aburrá
- Cali y Valle del Cauca
- Boyacá
- Eje Cafetero
- Bucaramanga y Barrancabermeja

Para participar en esta actividad académica, los estudiantes deben realizar pre-informes e informes relacionados con las visitas, los cuales son calificados por los profesores de la unidad de procesos; la nota obtenida hace parte de la evaluación del curso de la agrupación procesos químicos y bioquímicos en el que el estudiante esté inscrito y a cargo del profesor que califica.

h) Nivelación al ingreso al Programa

La Rectoría, mediante la Resolución número 469 de abril 3 de 2009, reglamentó la clasificación, inscripción y calificación de los estudiantes con necesidades de nivelación en matemáticas, lecto-escritura y suficiencia en idioma extranjero. Sin embargo, luego de un año de vigencia, a través de la Resolución número 037 de 15 de enero de 2010 modificó el reglamento.

En esta Resolución, se resalta el carácter esencial de los cursos de nivelación para una adecuada inserción universitaria y se definen como adicionales a los planes de estudio; corresponden básicamente a matemáticas y comprensión en lecto-escritura en español e inglés. Los responsables de los exámenes de clasificación son la Dirección Nacional de Admisiones (DNA) y los Departamentos, Unidades o Centros afines a tales cursos; los estudiantes que no alcancen el nivel de suficiencia deben tomar asignaturas de nivelación en matemáticas básicas y lecto-escritura. Particularmente, la aprobación en matemáticas básicas determina la posibilidad de

iniciar los cursos de la agrupación matemáticas y probabilidad que, a su vez, son requisito de varias asignaturas de los componentes de Fundamentación y Profesional.

Con relación a la comprensión de lectura en inglés, la Universidad exige la aprobación de 12 créditos. Como primer etapa, se realiza un examen de clasificación, que permite determinar la suficiencia o la ubicación de los estudiantes en uno de los cuatro niveles de clasificación. Cada nivel corresponde a una asignatura de 3 créditos, de tal forma que los estudiantes ubicados en el nivel 1 tendrán pendientes todos los créditos exigidos, y los estudiantes que alcancen la suficiencia no requieren cursar asignaturas de inglés.

El Departamento de Lenguas Extranjeras ofrece las asignaturas de cada nivel en diferentes modalidades: presenciales semestrales, virtuales e intensivas. Así mismo atiende la presentación de exámenes de suficiencia o la homologación de cursos o exámenes externos que cumplan con el nivel intermedio o B1 Umbral (equivalencias dadas por Exámenes Internacionales y su relación con el Marco de Referencia Europeo para el Aprendizaje, la Enseñanza y la Evaluación de las Lenguas; Norma Técnica Colombiana NTC 5580 de 2007) .

i) Las evaluaciones y su calificación

Con base en el Acuerdo 008 de 2008 del CSU,

la evaluación académica se realiza mediante las pruebas que se programan en cada asignatura o actividad, con el objeto de determinar el logro de los objetivos propuestos en los temas y subtemas. El carácter de las evaluaciones académicas de las asignaturas lo determinará la naturaleza y objetivos de la asignatura. Las evaluaciones académicas podrán ser: escritas, orales, prácticas o virtuales. El número de evaluaciones en una asignatura y su carácter deberán quedar establecidos en el respectivo programa–calendario. Existen tres tipos de evaluaciones: ordinarias, supletorias y validaciones. Se deben realizar, como mínimo, tres evaluaciones ordinarias en cada asignatura, con excepción de aquellas cuyo programa – asignatura así lo especifique.

En la Universidad Nacional, las notas o calificaciones de las asignaturas serán numéricas de cero punto cero (0.0) a cinco punto cero (5.0), en unidades y décimas. La calificación aprobatoria mínima tanto de las asignaturas de pregrado es tres punto cero (3.0). Cuando la asistencia mínima exigida en el programa-asignatura no se cumpla, la asignatura se calificará con la nota de cero punto cero (0.0). Los profesores son autónomos en la calificación de las evaluaciones que estén a su cargo, pero el estudiante tendrá derecho a solicitar al profesor la revisión cuando no esté de acuerdo con la calificación obtenida.

i) Sistema de Acompañamiento

El Sistema de Acompañamiento Estudiantil⁴⁷, es “el conjunto de agentes que a través de los componentes académicos y de bienestar, y sus respectivos programas, articula los diferentes niveles estructurales de la Universidad, con la finalidad de brindar a los estudiantes, a lo largo de su proceso de formación integral, las condiciones necesarias para el buen desempeño académico y el éxito en la culminación de su plan de estudios”.

Un elemento fundamental en el sistema es el proceso de acompañamiento académico que se brinda a los estudiantes de pregrado por un grupo de profesores designados para tal fin, bajo la denominación de tutores académicos⁴⁸. Esta figura recoge funciones y características que realizaban antes los profesores como consejeros, designados por la Unidad Básica de Gestión Académico-Administrativa (UBGAA), con una dedicación de dos horas semanales.

Además, los estudiantes cuentan con la asesoría académica de los docentes del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, quienes, como parte del trabajo anexo a la docencia presencial, destinan alrededor de una hora por cada dos horas de clase para atención a estudiantes, sean o no sus alumnos.

10. Actividades orientadas a desarrollar las capacidades declaradas en el perfil del egresado

En el perfil del egresado se manifiesta la necesidad de generar o fortalecer en los estudiantes diversas capacidades, habilidades y competencias. A continuación, se presenta la forma en que se trabajan estas características en las asignaturas del plan de estudios y en las actividades asociadas con él:

Las asignaturas del Componente de Fundamentación aportan significativamente a la formación científica, promueven el diálogo con diversos interlocutores y el trabajo en equipo. En este Componente, son comunes la realización de laboratorios y talleres. La formación científica y tecnológica es una constante, y se promueve con lecturas, exposiciones, cuestionarios, talleres, evaluaciones y proyectos. En ellas se promueve el trabajo en equipo, ya que se realizan actividades que implican la conformación de grupos que requieren una adecuada organización para cumplir los objetivos propuestos en los plazos definidos por los profesores.

⁴⁷ Vicerrectoría Académica, Resolución 005 de 2010, Reglamentación del Sistema de Acompañamiento Estudiantil.

⁴⁸ Vicerrectoría Académica, Resolución 006 de 2010. Lineamientos para la Tutoría Académica.

El conocimiento, la fundamentación y la generación de habilidades administrativas se desarrolla, en primera instancia, en las asignaturas de la agrupación Ciencias Económicas y Administrativas, aunque también se realizan actividades como conferencias informativas, estudios preliminares de mercado, evaluaciones económicas y planeación y gestión de recursos, en las asignaturas Introducción a la Ingeniería Química, Diseño de Procesos Químicos y Bioquímicos, Ingeniería de Reacciones Químicas, Laboratorio de Operaciones de Separación, Reacción y Control, Laboratorio de Propiedades Termodinámicas y de Transporte, Manejo de Sólidos, Termodinámica, Taller 2 y Taller de Proyectos Interdisciplinarios.

En estas asignaturas del Componente Disciplinar, se desarrollan actividades encaminadas a la generación de responsabilidad social por parte de los estudiantes, al poner de manifiesto el compromiso social, ético, económico y ambiental de la Ingeniería Química, con una gran parte enfocada al desarrollo de conciencia ambiental; adicionalmente, algunas incluyen proyectos en donde el componente social es un criterio de decisión.

La capacidad para crear empresa se desarrolla en las asignaturas de Introducción a la Ingeniería Química, Ingeniería de Reacciones Químicas y Administración de empresas, Taller 2, Taller de Proyectos Interdisciplinarios y Trabajo de Grado, pero también a través de actividades extracurriculares que fomentan el emprendimiento.

Además, en los cursos de Profundización del Componente de Libre Elección, se desarrollan contenidos relacionados con el emprendimiento y la creación de empresa, en los cuales los estudiantes deben desarrollar anteproyectos y proyectos, y se programan conferencias impartidas por expertos en este tema, pertenecientes a entidades del gobierno, la industria los gremios y las incubadoras de empresa.

Además, en el Seminario del Departamento, espacio abierto de dos horas semanales, con entrada libre, que existe desde hace diez años, se programan con frecuencia sesiones dedicadas a la presentación de casos exitosos de generación de empresa, por parte de egresados de la Carrera.

El liderazgo, como rasgo característico de los estudiantes, se promueve a través de la coordinación que algunos alumnos realizan en actividades institucionales de la Facultad, como la Feria de Oportunidades y en asignaturas del Componente Disciplinar como Balance de Energía y Equilibrio Químico; Laboratorio de Propiedades Termodinámicas y de Transporte; y Laboratorio de Operaciones de Separación, Reacción y Control, donde se le brinda al estudiante la oportunidad de liderar una práctica o un ejercicio específico.

La investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación se promueven en todas las asignaturas del Componente Disciplinar, a través del desarrollo de proyectos y actividades que implican algunas de las características asociadas a estas capacidades, como la búsqueda, identificación y selección de información científica y tecnológica, su interpretación y apropiación para la solución de problemas con diferentes grados de libertad.

Existe un continuo diálogo con la comunidad nacional e internacional especializada, el cual se fomenta desde el curso de Introducción a la Ingeniería Química, en el que se ofrecen charlas y se invita a los estudiantes para que se vinculen tempranamente a Grupos de Investigación y Grupos Estudiantiles de Trabajo, y asistan a congresos, seminarios, encuentros, semanas técnicas y conferencias especializadas.

A lo largo del proceso de formación, los estudiantes pueden realizar visitas a industrias locales, regionales y nacionales; asistir a las sustentaciones de Tesis de Maestría y Doctorado; consultar documentación técnica especializada y, una vez al año, participar en la Cátedra Internacional, donde se cuenta con la presencia de expositores e investigadores internacionales de reconocido prestigio. Algunos estudiantes participan en intercambios académicos internacionales con países como Alemania, Francia, Italia, Estados Unidos, México y España.

El trabajo en equipo y el conocimiento entre los estudiantes y la comunidad nacional e internacional se fomenta desde los primeros semestres, a través de la formación de o incorporación a Grupos de Trabajo, por parte de los estudiantes, cuyos objetivos pueden ser académicos, ambientales, gremiales, sociales, lúdicos o deportivos. Entre otros, están Grupo de Estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Nacional – Bogotá (Geiqun), los Encuentros Nacionales de Estudiantes de ingeniería Química (Eneiq), las Olimpiadas Universitarias de Termodinámica (OUT-UN) la Asociación Colombiana de Estudiantes de Ingeniería Química y de Procesos (Aceiquip) y los Congresos Latinoamericanos de Estudiantes de Ingeniería Química (Colaeiq).

Diseñar y mejorar productos y procesos de transformación es una capacidad que se desarrolla a lo largo del Plan de Estudios. En las primeras etapas se promueve el reconocimiento de los elementos que aportan al diseño, realizando actividades de análisis, enfocadas básicamente a procesos de transformación física. En forma gradual, se introducen las transformaciones químicas y biológicas y, en los últimos semestres, se incluyen asignaturas encaminadas al diseño de procesos químicos y bioquímicos, logrando la capacidad de realizar diseños básicos de procesos.

10. Recursos

El PEP del Programa de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, es responsabilidad del Área Curricular y del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Facultad de Ingeniería.

La Universidad Nacional de Colombia es una institución del Estado, fundada en 1867, con sedes en Bogotá, Medellín, Manizales, Palmira y cuatro sedes de presencia nacional en Arauca, Leticia, San Andrés y Tumaco. Sus cuatro sedes principales reúnen en total 22 Facultades, acompañadas de varios Institutos, Centros, Hospitales, Museos, Estaciones Biológicas, Reservas Naturales, Granjas y Fincas. Todas ellas pueden agruparse en seis áreas del conocimiento: Artes y Arquitectura; Ciencias; Ciencias Agropecuarias; Ciencias Humanas Económicas y Sociales; Ciencias de la Salud e Ingeniería. Su confirmación como una universidad nacional, el Decreto 1210 de 1993, de la Presidencia de la República, su amplia cobertura y las diferencias entre sus sedes, la consolidan como una institución especial, en la cual hay un nivel nacional que propone y reglamenta políticas y estrategias generales, y un nivel de sedes en donde se establecen planes de acción y se ejecutan la mayor parte de los recursos económicos⁴⁹.

La Universidad Nacional de Colombia es una institución de educación superior, pública y estatal, autónoma e independiente, cuya complejidad se refleja en la intensidad de sus funciones básicas de docencia, investigación y extensión. En la actualidad, cuenta con siete sedes activas: Bogotá, Medellín, Manizales, Palmira, Amazonia, Orinoquia y Caribe. La sede Tumaco, creada en 1997, está en proceso de activación⁵⁰.

De acuerdo con el Artículo 1 del Estatuto General (Acuerdo 011 de 2005, del CSU)

La Universidad Nacional de Colombia cumple, en nombre del Estado, funciones no administrativas orientadas a promover el desarrollo de la educación superior hasta sus más altos niveles, fomentar el acceso a ella y desarrollar la docencia, la investigación, las ciencias, la creación artística y la extensión, para alcanzar la excelencia y los fines señalados en el artículo 2 del Decreto Extraordinario 1210 de 1993 y en este Estatuto.

Por otra parte, la Misión de la Facultad de Ingeniería de la sede Bogotá es

formar a los y las profesionales de Ingeniería y posgraduados/as que demande la sociedad, sobre la base del compromiso con la investigación científica y el desarrollo tecnológico y social del país. Ello, con el fin de contribuir a la transformación del país, mediante la generación, la

⁴⁹ Universidad Nacional de Colombia, síntesis para la acreditación institucional, septiembre de 2008.

⁵⁰ Recientemente el CSU creó el Instituto de Estudios del Pacífico, IEP, por medio del Acuerdo 017 de agosto de 2009. Consultado el 22 de abril en http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2009/A0017_09S.pdf

conservación y la transmisión del conocimiento, expresadas en la transferencia del saber experto y la innovación tecnológica, producida por los y las integrantes de la comunidad académica de la Facultad, tanto al sector público como al sector privado⁵¹.

En 2017, la Facultad de Ingeniería será reconocida, nacional e internacionalmente, por la excelencia académica y la competencia profesional de sus egresados/as, quienes dominarán una lengua extranjera y serán ejemplo eximio de liderazgo y emprendimiento, en el marco de un compromiso sostenido con la innovación y el desarrollo económico y social del país⁵².

El Artículo 11 del Estatuto General⁵³ establece que el Gobierno de la Universidad Nacional de Colombia está constituido por:

1. El Consejo Superior Universitario
2. El Rector
3. El Consejo Académico
4. Los Consejos de Sede
5. Los Vicerrectores
6. El Gerente Nacional Financiero y Administrativo
7. Los Directores de Sede de Presencia Nacional
8. Los Consejos de Facultad
9. Los Decanos
10. Los Directores de Instituto de Investigación y de Centro.
11. Los Directores de Departamento, los Directores de Programas Curriculares y las demás autoridades, cuerpos y formas de organización que se establezcan de acuerdo con lo previsto en este Estatuto.

A su vez, el Artículo 12 del Estatuto General⁵⁴ establece los niveles de dirección y organización académica y administrativa, de la siguiente manera:

Nivel Nacional

- Consejo Superior Universitario
- Rectoría

⁵¹ Consultada el 21 de abril de 2010 en <http://www.ing.unal.edu.co/site/htm/facultad/mision.html>

⁵² Consultada el 21 de abril de 2010 en <http://www.ing.unal.edu.co/site/htm/facultad/mision.html>

⁵³ Consultar en <http://www.unal.edu.co/estatutos/egeneral/egeca03.html>

⁵⁴ Ibid.

- Consejo Académico
- Vicerrectorías Académica, General, de Investigación, y sus dependencias
- Gerencia Nacional Financiera y Administrativa y sus dependencias
- Secretaría General y sus dependencias
- Comité de Vicerrectores.

En la figura 3 se presenta un organigrama simplificado del nivel Nacional de la Universidad.

Nivel de Sede

- Consejo de Sede
- Vicerrectoría de Sede y sus dependencias
- Secretaría de Sede y sus dependencias
- Institutos de Investigación de Sede
- Centros de Sede
- Comité Académico Administrativo de Sede de Presencia Nacional
- Dirección de Sede de Presencia Nacional

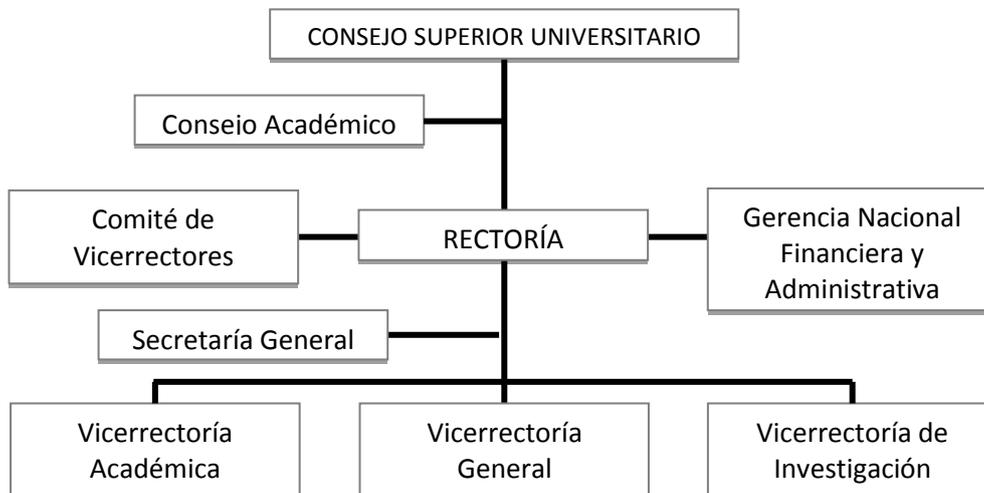


Figura 3 Organigrama simplificado de la Universidad Nacional de Colombia, nivel nacional

El organigrama simplificado de la Universidad en el nivel de Sede se presenta en la figura 4; en la figura 5 el del nivel de Facultad.

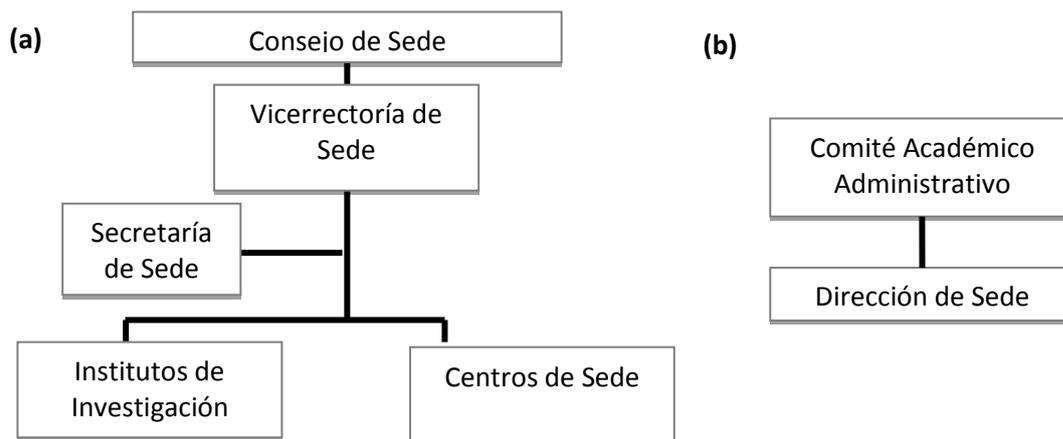


Figura 4 Organigrama simplificado de la Universidad Nacional de Colombia. (a) Nivel de sede
(b) Nivel de sede de presencia nacional

El Departamento de Ingeniería Química y Ambiental tiene la siguiente estructura administrativa:

- Director de Departamento
- Comité de Departamento
- Coordinadores de Unidad: Termodinámica, Operaciones Unitarias y Procesos Químicos y Bioquímicos
- Jefe del Laboratorio de Ingeniería Química

El Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental tiene la siguiente estructura administrativa:

- Director de Área
- Comité de Programa
- Coordinadores de Programas (Ingeniería Química, Posgrados de Ingeniería Química y Posgrados de Ingeniería Ambiental).

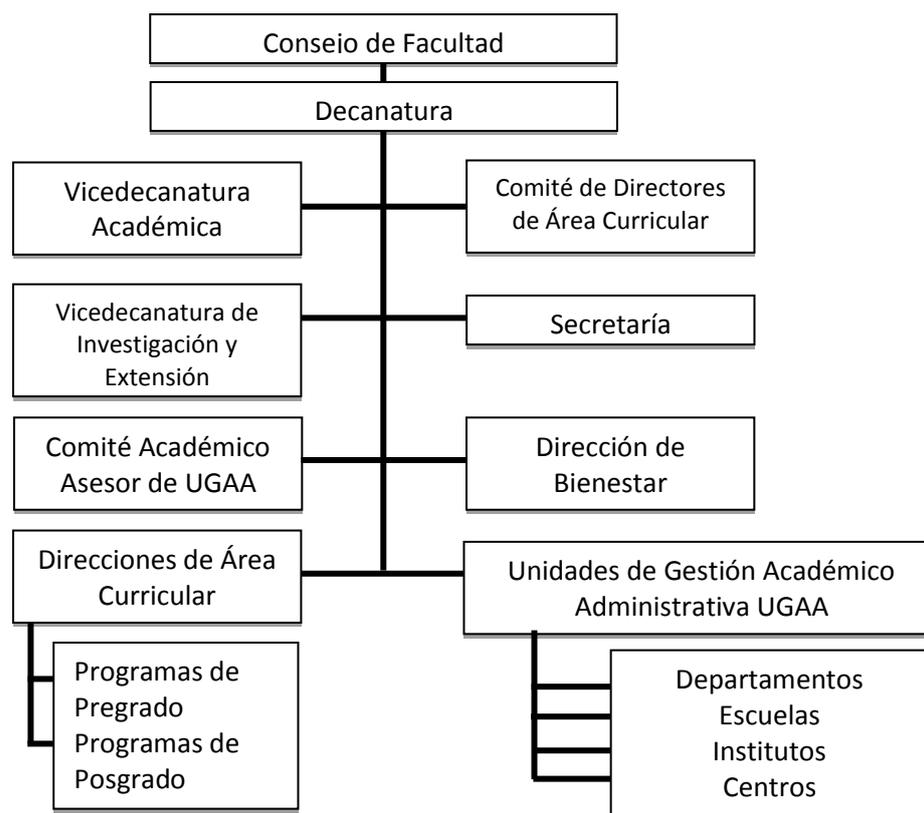


Figura 5 Organigrama simplificado de la Universidad Nacional de Colombia, nivel de facultad

La Universidad Nacional de Colombia es la institución de educación superior del país con la planta física más grande, cerca de 2.5 millones de m², distribuidos en sus siete sedes⁵⁵. De los 606,241 m² construidos para actividades académicas, 398,173 (67.7%) están ubicados en la sede Bogotá. Posee excelentes sistemas de apoyo académico, como bibliotecas, laboratorios y recursos informáticos⁵⁶.

Cuenta con una colección bibliográfica constituida por cerca de de 1,500,000 volúmenes, 1,119,552 de los cuales corresponde a la sede Bogotá. Para brindar atención adecuada a todos los estudiantes y profesores de la Universidad Nacional en sus diferentes sedes, el Sistema Nacional de Bibliotecas (Sinab) cuenta con veintidós (22) bibliotecas plenamente dotadas, de

⁵⁵ Universidad Nacional de Colombia, Informe de autoevaluación con fines de Acreditación Institucional, septiembre de 2008, consultado el 17 de marzo de 2010, disponible en http://www.unal.edu.co/dirnalpre/paginas/autoevaluacion/paginas/documentos_apoyo.htm

⁵⁶ Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional de Colombia, Oficina Nacional de Planeación, Revista 15.

las cuales nueve (9) funcionan en edificios exclusivos, mientras que las demás están ubicadas en las diferentes Facultades e Institutos⁵⁷.

La Universidad Nacional cuenta, además, con 646 laboratorios, 480 de los cuales están ubicados en la Sede Bogotá y 72 en la Facultad de Ingeniería⁵⁸. En la sede Bogotá, 49% del tiempo de utilización de los laboratorios corresponde a funciones de docencia, 38% a funciones de investigación y 13% de extensión⁵⁹.

La Universidad tiene 13,092 computadores, 6,959 en la sede Bogotá. De ellos, 2,393 son para uso exclusivo de estudiantes, 1,749 para uso exclusivo de docentes y 2,817 para el personal administrativo⁶⁰. Así mismo, tiene 38,993 puntos de red para acceso a Internet, 29,698 en la sede Bogotá⁶¹.

Para el desarrollo del PEP, el Programa de Ingeniería Química de la Sede Bogotá cuenta, específicamente, con los siguientes recursos:

a) Docentes

Se refiere al personal docente adscrito al Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, que tiene en su planta 42 profesores, cuyos cargos corresponden a 44,6 Equivalentes de Tiempo Completo (ETC), además de los profesores de los cinco departamentos de la Facultad de Ingeniería, de los Departamentos de Matemáticas, Estadística, Química, Biología y Física de la Facultad de Ciencias, y de los demás Departamentos e Institutos de la Universidad que ofrecen asignaturas del Componente de Libre Elección.

b) Infraestructura

La infraestructura física de la sede Bogotá está conformada por la Ciudad Universitaria, el Centro Gaitán, el Claustro de San Agustín y la Finca de Marengo. La Ciudad Universitaria,

⁵⁷ SINAB, Informe de Recursos y Servicios Bibliográficos, Programa de Ingeniería Química, abril de 2010.

⁵⁸ Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional de Colombia, Oficina Nacional de Planeación, Revista 15.

⁵⁹ Universidad Nacional de Colombia, Informe de autoevaluación con fines de Acreditación Institucional, septiembre de 2008, consultado el 17 de marzo de 2010, disponible en http://www.unal.edu.co/dirnalpre/paginas/autoevaluacion/paginas/documentos_apoyo.htm.

⁶⁰ Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional de Colombia, Oficina Nacional de Planeación, Revista 15.

⁶¹ Ibid.

cuya construcción inició en 1936, tiene 125 edificaciones, 17 declaradas como Patrimonio Cultural de la Nación.

La infraestructura física de la Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá destinada a las actividades académicas corresponde a los siguientes edificios:

- 401: Edificio de Ingeniería
- 406: Instituto de Extensión en Investigación, IEI
- 407: Edificio de Posgrado en Materiales
- 409: Laboratorio de Hidráulica
- 411: Laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Mecánica
- 412: Laboratorio de Ingeniería Química
- 421: Edificio Camilo Torres
- 453: Edificio Aulas de Ingeniería
- 454: Edificio de Ciencia y Tecnología

Las aulas, auditorios y laboratorios en los que se desarrollan las asignaturas y demás actividades del Programa de Ingeniería Química están ubicados principalmente en los Edificios de Ingeniería, Aulas de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Química, Laboratorio de Hidráulica, Laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Mecánica y Laboratorio de Ingeniería Química.

El Departamento de Ingeniería Química y Ambiental tiene a su disposición, para uso exclusivo:

- Cinco aulas de clase en el edificio 453, de 40 m² cada una, para un total de 200 m².
- Un salón de 12.9 m², para 10 estudiantes, en el edificio 412 y, en el mismo edificio, un salón de 21.5 m², para 15 estudiantes.

A continuación se hace una breve descripción de los edificios en donde se realiza el mayor porcentaje de las actividades académicas del Programa:

Edificio de Ingeniería

Este edificio, con tres niveles, cuenta con 19 aulas de clase; 2 salas de cómputo, con 40 y 35 puestos de trabajo, para usos diversos; dos salas para diseño asistido por computador (software AutoCAD), con 24 y 21 puestos de trabajo; una sala para simulación (software Arena), con 30 puestos de trabajo; una sala de estudios de 100 m² y un aula máxima para 150 personas.

En este edificio están localizadas las oficinas de la dirección de la Facultad de Ingeniería: Decanato, Vicedecanato Académico, Vicedecanato de Investigación y Extensión y Dirección de Bienestar. Entrará en remodelación durante el segundo semestre de 2010, y por ello allí no se programaron clases.

Edificio Aulas de Ingeniería

El edificio 453, con cuatro niveles, está destinado principalmente a oficinas para docentes y aulas. Tiene 32 aulas de clase y tres aulas máximas: una con capacidad para 160 asistentes y las otras dos para 150.

Seis aulas de este edificio se emplean para programar la mayoría de cursos de Ingeniería Química; cuatro de ellas cuentan con medios audiovisuales, una con tablero interactivo y una con cámara web para captura de la información del tablero. Además, están las oficinas de las cinco Direcciones de Departamento de la Facultad.

Edificio de Ciencia y Tecnología

El edificio 454, inaugurado en 2008, tiene cuatro pisos y en la terraza opera un restaurante, con espacios para disfrute de estudiantes y profesores. Una de las tres alas que conforman el edificio, destinada a aulas, cuenta con 14 salones de clase para 20 estudiantes cada uno, dotados con retroproyector y tablero interactivo; dos salones de videoconferencia, con capacidad para 20 personas; y cuatro aulas de clase, cada una con 45 computadores. El auditorio de este edificio tiene capacidad para 247 asistentes.

Laboratorio de Ingeniería Química

El Laboratorio de Ingeniería Química (LIQ), edificio 412, tiene un área construida de 3,200 m², sobre un terreno de 2,030 m². En el primer piso se encuentran los laboratorios especializados Planta Piloto (1,000 m²), Catálisis (184 m²), Lubricantes (55 m²), Instrumentación (66 m²), Polímeros (44 m²), Termodinámica (102 m²) y Bio-procesos (30 m²), ampliado con un mezanine (72 m²), así como la Sala de Computadores (46 m²), dos cuartos de reactivos y materiales, dos baterías de baños y un cuarto de servicios generales. En el segundo piso hay siete oficinas para docentes, una sala de computadores, dos aulas de clase, una sala para estudiantes de maestría (43 m²), la oficina de la jefatura (que incluye, además, oficina de la secretaría, mesa de reuniones y oficina para monitores), una cocina, dos cuartos de baño, además de dos terrazas, con áreas de 232 m² y 76 m². En el tercer nivel hay otra terraza de 435 m².

Al costado norte se encuentran las áreas de Servicios Industriales, constituidas por: patio general (145 m²), en donde se localiza el tanque subterráneo de agua potable y sus sistemas de bombeo; un cuarto de calderas (78 m²) y un cuarto de almacenamiento de materiales para el mantenimiento, en donde se hallan los sistemas de aire comprimido (16 m²). Finalmente, entre la planta piloto y el cuarto de calderas está la oficina de los operarios de planta y el cuarto de herramientas, espacios sobre los cuales hay una terraza de 55 m².

El listado de equipos de los laboratorios que hacen parte del Laboratorio de Ingeniería Química se presenta en el Anexo 2.

Por otra parte, para los cursos de Química, Física y Biología, el Programa recibe los servicios de los Laboratorios de la Facultad de Ciencias. De igual manera, se reciben los servicios de los Laboratorios de Ingeniería Mecánica, para prácticas de transferencia de calor; los de Hidráulica, para prácticas de manejo de fluidos; los del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), para prácticas de asignaturas de libre elección relacionadas con el área de Ingeniería de Alimentos y de algunos cursos de Laboratorio y Talleres, y los del Instituto de Biotecnología, para prácticas de algunas de las asignaturas relacionadas con el área de Biotecnología y Bioprocesos, entre otros.

Otro recurso importante en Laboratorios para investigación y docencia es el Sistema Nacional de Laboratorios de la Universidad. Los Laboratorios Interfacultades que hacen parte de este sistema son:

- Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X
- Laboratorio de Microscopía Electrónica
- Laboratorio de Microscopía Óptica
- Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear
- Laboratorio de Ensayos Mecánicos
- Laboratorio de Cromatografía Líquida
- Laboratorio de Difractometría de Rayos X

d) Apoyo a la labor docente

Para el desarrollo del PEP, los profesores y estudiantes pueden usar los servicios de la Dirección Nacional de Servicios Académicos Virtuales para el diseño e implantación de estrategias virtuales para la educación, capacitación, extensión e investigación, que incluyen entre otros:

- Aulas Virtuales: consisten en dos Sistemas de Administración de Aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés) para la gestión y administración de cursos virtuales: Blackboard y Moodle, a través de los cuales es posible gestionar contenidos, evaluaciones, actividades y seguimiento, en un ambiente interactivo.
- Apoyo a cursos presenciales: ofrece a los docentes un paquete de ayudas informáticas y computacionales que apoyan la realización de cursos presenciales.
- Montaje de cursos virtuales: ofrece a los docentes el soporte y acompañamiento de principio a fin, en el diseño, construcción, implantación y realización de cursos virtuales.
- Montaje de programas virtuales: ofrece a docentes y directores de las UBGAA, acompañamiento completo en el diseño, montaje y realización de programas académicos (pregrado y posgrado) y de capacitación virtual.
- Soluciones educativas virtuales a la medida: son un paquete de servicios de acompañamiento integral a entidades educativas y empresas públicas y privadas, que van desde la identificación de las necesidades de formación, hasta el montaje y realización de los cursos virtuales, pasando por el diseño de la instrucción.
- Aulas de videochat: espacios de encuentro virtual para apoyar seminarios, congresos, eventos, reuniones de carácter administrativo, etc.
- Capacitación y entrenamiento en el manejo de herramientas de educación virtual: ofrece a los docentes entrenamiento y capacitación a fin de que adquieran las competencias requeridas para realizar y administrar eventos de capacitación y formación virtuales.
- Producción de contenidos: está en capacidad de recibir contenidos presentados en cualquier forma, física o digital, y convertirlos a cursos de educación virtual. Estos cursos pueden ser adaptados a formatos como HTML, XML y SWF, entre otros.
- Integración de Contenidos: gracias a que Univirtual trabaja sobre estándares de e-learning como Socorm, AICC e IMS, los contenidos que produce pueden ser integrados a distintos LMS.

- Hospedaje de Contenidos: además de producir contenidos con metodología y políticas claras de diseño de la instrucción. UNVirtual ofrece el alojamiento y administración de cursos virtuales, todo esto soportado sobre un esquema de servicio y atención a docentes y estudiantes.
- Servicio de Páginas Web para los docentes: permite publicar sus datos de contacto, hoja de vida, producción académica, enlaces recomendados e información sobre sus asignaturas en el formato institucional. Actualmente se ofrece en las sedes Bogotá, Amazonía, Caribe y Orinoquia de la Universidad Nacional de Colombia.

Para el desarrollo de las labores propias de su función, los profesores de la Universidad Nacional cuentan con el apoyo de personal administrativo, de servicios generales y de vigilancia, así como operarios para los laboratorios.

Las unidades de nivel nacional o de sede que apoyan las labores docentes, de investigación y de extensión son:

- Dirección nacional de programas de pregrado
- División de investigación de la sede Bogotá, que soporta los trámites de proyectos de investigación financiados por la Universidad, y da apoyo para la participación en convocatorias financiadas por Colciencias y por otros entes externos.
- Dirección nacional de servicios académicos virtuales, que da soporte para los cursos virtuales y para la implementación de ayudas virtuales en los cursos presenciales. Esta dirección desarrolla anualmente 10 cursos de capacitación para el manejo de la plataforma Blackboard, dirigidos a docentes, monitores y becarios, plataforma que permite la interacción virtual entre docentes y alumnos, mediante el intercambio de información, el desarrollo de foros de discusión, la realización de evaluaciones, etc.
- Sección de Transportes, que facilita actividades académicas externas, como las salidas técnicas de una semana, a tres regiones del país, que se programan cada semestre y en cada una de las cuales se visitan alrededor de 8 empresas de diferentes sectores de la industria. De ser necesario, también apoya visitas de corta duración a empresas cercanas.
- Mesa de Ayuda, adscrita a la Dirección Nacional de Informática y Comunicaciones (DNIC), que se encarga de la instalación, actualización y mantenimiento de software en equipos de toda la sede, servicio que presta personalmente, o mediante conexión remota, entre 8:00 a. m. y 5:00 p. m.

Las unidades de apoyo a las labores docentes, de investigación y de extensión en la Facultad de Ingeniería son:

- Vicedecanatura Académica
- Vicedecanatura de Investigación y Extensión
- Unidad Administrativa
- Secretaría Académica
- Unidad de Publicaciones

Así mismo, los profesores del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental cuentan con la colaboración de:

- Tres secretarías, en la Dirección del Departamento, en la Coordinación de los Programas y en la Jefatura del Laboratorio de Ingeniería Química, y
- Cinco operarios en el Laboratorio de Ingeniería Química.

e) Bibliotecas

Como se planteó, al servicio de estudiantes y profesores de la Universidad Nacional en sus diferentes sedes el Sinab tiene veintidós (22) bibliotecas adecuadamente dotadas, de las cuales nueve (9) funcionan en edificios destinados exclusivamente para tal propósito, mientras que las demás están ubicadas en las diferentes Facultades e Institutos.

El material bibliográfico relacionado con la Carrera de Ingeniería Química se encuentra principalmente en las bibliotecas Central, de Ciencia y Tecnología y en la Hemeroteca. Las instalaciones físicas de las tres bibliotecas se describen en las tablas 21, 22 y 23.

Tabla 21. Ficha técnica de la Biblioteca Central después de la remodelación⁶²

Ítem	Número
Área (m ²)	10,255
Volúmenes	312,843
Puestos de lectura individual	90
Puestos de lectura en mesa	408
Puestos de trabajo en grupo	64
Puesto de trabajo con computador para personas con discapacidad visual	12
Puesto de trabajo individual para personas con discapacidad visual	2
Puesto de trabajo para personas con discapacidad diferente a la visual	12
Computadores para servicio de los usuarios	110
Puestos en sala de capacitación	20
Mediatecas	1
Salas de capacitación	1
Salas de música	1
Casilleros	456

Tabla 22. Ficha técnica de la Biblioteca de Ciencia y Tecnología⁶³

Ítem	Número
Área (m ²)	2,500
Puestos de lectura	448
Puntos de consulta con computadores al servicio de los usuarios con acceso a Internet	295
Auditorio	1
Sala de profesores	1
Casilleros	672

Tabla 23. Ficha técnica de la Hemeroteca Nacional Universitaria⁶⁴

Ítem	Número
Área (m ²)	12,729
Puestos de lectura	88
Puntos de consulta con computadores al servicio de los usuarios con acceso a Internet	48
Auditorio	1
Hall de exposiciones	1
Sala de eventos	1

El acceso a material bibliográfico físico y virtual, a través de bibliotecas, hemerotecas y bases de datos es fundamental para la formación académica. En la Universidad Nacional, estos recursos se encuentran bajo responsabilidad de la Dirección Nacional de Bibliotecas (DNBB)

⁶² Ibid.

⁶³ Ibid.

⁶⁴ Ibid.

que desarrolla y coordina el Sinab (<http://www.sinab.unal.edu.co/>) donde se tiene acceso remoto a los catálogos, bases de datos, libros y revistas electrónicos, periódicos en línea y a los acervos de otras bibliotecas y otras universidades; en este portal también se puede acceder a los servicios bibliográficos como obtención de documentos por conmutación bibliográfica y servicios para egresados, así como a la Biblioteca Digital de la Universidad.

La Universidad Nacional de Colombia cuenta con un completo sistema de hemerotecas y, siguiendo la tendencia mundial en cuanto a la transición del papel a los medios electrónicos para el acceso a la información, cuenta con 74 bases de datos, 198,931 libros electrónicos, 27,959 títulos de publicaciones seriadas electrónicas y 54,467 títulos de publicaciones seriadas, periódicos y otros documentos en paquetes de contenidos electrónicos, disponibles en el portal del Sinab⁶⁵.

⁶⁵ Sinab, Informe Servicios y Recursos Bibliográficos, Programa: Ingeniería Química, abril 2010.